

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 7-262519

(43) 公開日 平成 7 年 (1995) 10 月 13 日

(51) Int. Cl. 6

G 1 1 B 5/31  
5/39

識別記号

庁内整理番号

A 8935-5 D

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 55 O L

(全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平 6-325467

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 12 月 27 日

(31) 優先権主張番号 208398

(32) 優先日 1994 年 3 月 9 日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシー  
ズ・コーポレーションINTERNATIONAL BUSIN  
ESS MACHINES CORPO  
RATIONアメリカ合衆国 10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 モハマド・トウフィク・クロウンビー

アメリカ合衆国 95120 カリフォルニア州  
サンノゼ パソ・ロス・セリトス 6238

(74) 代理人 弁理士 合田 潔 (外 2 名)

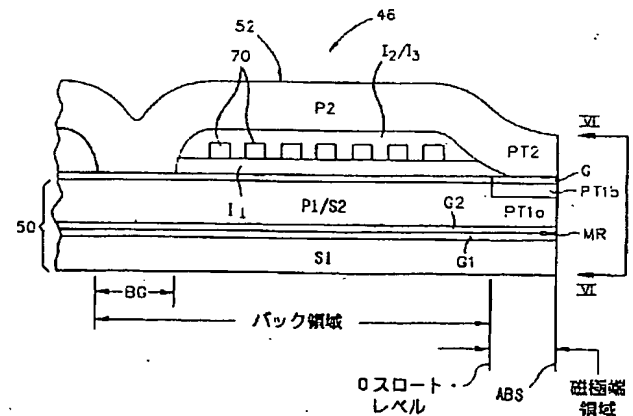
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MR 複合ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 サイドフリンジを最小化し、オフトラック性能を改善するため、垂直に位置合せされた側壁を有する MR 複合ヘッドを提供する。

【構成】 読取りヘッドの第 2 シールド層 S 2 を構成する底極片 P 1 が、短い長さ寸法のペDESTAL 磁極端を有する。ギャップ層 G の長さの 2 倍ほどの短い長さを有するペDESTAL 磁極端によって、サイドライティングが最適に最小化され、オフトラック性能が改善される。書き込みヘッドの底磁極端構造は、頂磁極端構造をマスクとして使用するイオン・ビーム・ミリングによって構成される。イオン・ビーム・ミリングは、頂磁極端構造の側壁に対してある角度に向けられ、これによって、底磁極端構造が、側壁を頂磁極端構造と位置合せされた状態でミリングされる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】底極片 P 1 と頂極片 P 2 とを有する書き込みヘッドを含み、

前記底極片 P 1 が底磁極端要素 P T 1 a と頂磁極端要素 P T 1 b とを有し、前記頂極片 P 2 が磁極端要素 P T 2 を有することを特徴とし、

前記底極片とその磁極端要素 P T 1 a とを含む第 2 シールド層 S 2 を有する MR 読取りヘッドを含み、

前記頂磁極端要素 P T 1 b が、第 2 シールド層 S 2 に関してベDESTAL を形成することを特徴とし、

前記頂磁極端要素 P T 1 b および前記磁極端要素 P T 2 のそれぞれが、第 1 および第 2 の側壁を有し、前記頂磁極端要素 P T 1 b および P T 2 のそれぞれの第 1 側壁が、共通して第 1 垂直面内にあり、前記頂磁極端要素 P T 1 b および前記磁極端要素 P T 2 のそれぞれの第 2 側壁が、共通して第 2 垂直面内にあることを特徴とし、

前記第 1 および第 2 の垂直面が、エア・ベアリング面 (ABS) において、書き込みヘッド・トラック幅を表す距離 w だけ互いに離隔して置かれることを特徴とする、MR 複合ヘッド。

【請求項 2】ハウジングと、

ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係に MR 複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項 3】前記第 2 シールド層 S 2 が、前記底磁極端要素 P T 1 a に加えて、前記頂磁極端要素 P T 1 b を含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 4】前記頂磁極端要素 P T 1 b および前記磁極端要素 P T 2 の間に置かれたギャップ層 G を含み、該ギャップ層 G が、第 1 および第 2 の側壁を有し、前記ギャップ層 G の第 1 側壁が、前記第 1 垂直面内に置かれ、前記ギャップ層 G の第 2 側壁が、前記第 2 垂直面内に置かれることを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 5】前記磁極端要素 P T 2 が単一層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 6】前記磁極端要素 P T 2 が磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b を含み、前記磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b のそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 7】前記 MR 読取りヘッドが、前記第 2 シールド層 S 2 に加えて第 1 シールド層 S 1 と、

該第 1 シールド層 S 1 と前記第 2 シールド層 S 2 との間に挟まれた第 1 ギャップ層 G 1 および第 2 ギャップ層 G

2 と、

前記第 1 ギャップ層 G 1 と前記第 2 ギャップ層 G 2 との間に挟まれた MR 素子とを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 8】前記第 1 垂直面と前記第 2 垂直面との間の距離が  $5 \mu\text{m}$  未満であることを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 9】前記 ABS でのギャップ G の長さが g であり、

10 前記 ABS での前記頂磁極端要素 P T 1 b の長さが、 $0.5g$  から  $3.0g$  までの範囲内にあることを特徴とする、請求項 1 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 10】前記第 2 シールド層 S 2 が、前記底磁極端要素 P T 1 a に加えて前記頂磁極端要素 P T 1 b を含むことを特徴とする、請求項 9 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 11】ハウジングと、

ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

20 磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係に MR 複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項 10 に記載の MR 複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項 12】前記頂磁極端要素 P T 1 b および前記磁極端要素 P T 2 の間に置かれたギャップ層 G を含み、該ギャップ層 G が、第 1 および第 2 の側壁を有し、前記ギャップ層 G の第 1 側壁が、前記第 1 垂直面内に置かれ、前記ギャップ層 G の第 2 側壁が、前記第 2 垂直面内に置かれる、請求項 10 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 13】前記 MR 読取りヘッドが、前記第 2 シールド層 S 2 に加えて第 1 シールド層 S 1 と、

該第 1 シールド層 S 1 と前記第 2 シールド層 S 2 との間に挟まれた第 1 ギャップ層 G 1 および第 2 ギャップ層 G 2 と、

前記第 1 ギャップ層 G 1 と前記第 2 ギャップ層 G 2 との間に挟まれた MR 素子とを含むことを特徴とする、請求項 12 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 14】前記ギャップ G の長さ g が、 $0.1 \mu\text{m}$  から  $0.7 \mu\text{m}$  までの範囲内にあり、前記 ABS での磁極端要素の長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする、請求項 13 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 15】前記磁極端要素 P T 2 が、単一層であることを特徴とする、請求項 14 に記載の MR 複合ヘッド。

【請求項 16】前記磁極端要素 P T 2 が、磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b を含み、前記磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b のそれぞれが、別々の層であることを特

微とする、請求項14に記載のMR複合ヘッド。

【請求項17】底極片P1と頂極片P2とを有する書き込みヘッドを含み、

前記底極片P1が、底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が、磁極端要素PT2を有し、前記底磁極端要素PT1aが、前記頂磁極端要素PT1bの幅よりも広い幅を有することを特徴とし、

前記底磁極端要素PT1aを含む前記底極片を含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、

前記頂磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、

前記頂磁極端要素PT1bが、頂薄膜面、第1側壁、第2側壁および前壁を有し、前壁が、エア・ベアリング面(ABS)の一部を形成し、頂薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、

前記磁極端要素PT2が、頂薄膜面、底薄膜面、前壁、第1側壁および第2側壁を有し、前壁が、ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、

前記頂磁極端要素PT1bの頂薄膜面と前記磁極端要素PT2の底薄膜面との間に挟まれ、頂薄膜面、底薄膜面、前壁を有し、前壁が前記ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれる、ギャップ層Gを含み、

前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内で連続していることを特徴とし、

前記第1垂直面および前記第2垂直面のそれぞれが、前記ABSに対して垂直であり、前記ABSの位置で、前記書き込みヘッドのトラック幅である距離wだけ互いに離れていることを特徴とするMR複合ヘッド。

【請求項18】前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT1bのそれぞれが、別々の磁性層であり、

前記磁極端要素PT2が、頂磁極端要素PT2aと底磁極端要素PT2bとを含み、

前記頂磁極端要素PT1bおよび前記底磁極端要素PT2bの材料が、前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT2aの材料より高いモーメントの飽和を有することを特徴とする、請求項17に記載のMR複合ヘッド。

【請求項19】前記ABSでのギャップGの長さがgであり、

前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする、請求項17に記載のMR複合ヘッド。

【請求項20】前記ギャップGの長さgが、0.1μmから0.7μmまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項19に記載のMR複合ヘッド。

【請求項21】前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、請求項20に記載のMR複合ヘッド。

【請求項22】前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、

該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、

前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、請求項21に記載のMR複合ヘッド。

【請求項23】ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、

磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、請求項22に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

【請求項24】前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、請求項22に記載のMR複合ヘッド。

【請求項25】磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれが第1側壁と第2側壁とを有する、磁極端要素PT1a、PT1bおよびPT2と、

前記磁極端要素PT1aを含む第2シールド層S2を含むMR読取りヘッドとを含み、

前記磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、

前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内に位置合せされ、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内に位置合せされることを特徴とし、

前記第1および第2の垂直面が、ABSで、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とするMR複合ヘッド。

【請求項26】前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aに加えて、前記磁極端要素PT1bを含み、

前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、請求項25に記載のMR複合ヘッド。

【請求項27】前記ABSでのギャップGの長さがgであり、

該ギャップGの長さgが、0.1μmから0.7μmま

10

20

30

40

50

での範囲内にあり、

前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、請求項26に記載のMR複合ヘッド。

【請求項28】エア・ベアリング面(ABS)と0スロート・レベルとの間に延びる未画定の磁極端部分を有し、前記ABSからバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片P1と、MRヘッドの第2シールド層S2とを形成するため少なくとも1つの磁性層を堆積するステップと、

前記ABSと前記0スロート・レベルとの間に延び、第1および第2の垂直側壁を有する画定された磁極端要素PT2と共に形成される頂極片P2を、前記バック・ギャップを含めて前記ABSから前記バック・ギャップまで、前記底極片P1の上に形成するためもう1つの磁性層を堆積するステップと、

前記底極片P1に関してベDESTALであり、前記磁極端要素PT2の前記第1および第2の垂直側壁に対してそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を有する磁極端要素PT1bと、磁極端要素PT1aとに、底極片P1を形成するため、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記底極片P1を垂直に切り欠くため、画定された前記磁極端要素PT2をマスクとして使用して、画定された前記磁極端要素PT2の側壁に対して角度 $\theta$ で、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含む、エア・ベアリング面(ABS)によって部分的に囲まれる頂部および底部を有するMR複合ヘッドを製造する方法。

【請求項29】前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、前記頂極片P2の上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、

画定された前記磁極端要素PT2が、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップのためのマスクとして働くことができるように、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出する開口を前記フォトレジスト・マスク内に設けるステップとを含む、請求項28に記載の方法。

【請求項30】前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、

前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記底極片P1の未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に、ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含むことを特徴とし、

前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記ギャップ層Gに磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁とそれぞれ位置合せされ

る第1および第2の垂直側壁を設けることを特徴とする請求項28に記載の方法。

【請求項31】前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、

前記ギャップ層Gを堆積するステップが、ABSで0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内の厚さgを有するギャップ層をもたらすことを特徴とし、

10 前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする請求項28に記載の方法。

【請求項32】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度 $\theta$ で単一のイオン・ビームを向けることからなることを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項33】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、

20 第1イオン・ビームが、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であり、

第2イオン・ビームが、 $60^\circ < \theta < 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項34】前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項33に記載の方法。

【請求項35】前記第1イオン・ビームが、実質的に30 $^\circ$ の角度 $\theta$ であり、

30 前記第2イオン・ビームが、実質的に75 $^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項34に記載の方法。

【請求項36】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、磁極端層PT2の厚さを減少させ、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する磁極端層PT2を堆積するステップを含むことを特徴とする、請求項28に記載の方法。

【請求項37】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域とを露出させる窓を前記ABSと0スロート・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2層の上で実質的に0スロート・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む、請求項36に記載の方法。

【請求項38】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度 $\theta$ で単一のイオン・ビームを向けることからなり、

50 前記角度 $\theta$ が、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内であることを特徴とする、請求項37に記載の方法。

【請求項 39】前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、第 1 および第 2 のイオン・ビームを向けるステップを含み、

第 1 イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、

第 2 イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、請求項 37 に記載の方法。

【請求項 40】前記第 1 イオン・ビームが、実質的に  $30^\circ$  の角度  $\theta$  であり、

前記第 2 イオン・ビームが、実質的に  $75^\circ$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、請求項 39 に記載の方法。

【請求項 41】前記もう 1 つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片 P 1 の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも 1 つの磁性層の上にギャップ層 G を堆積するステップを含み、

該ギャップ層 G を堆積するステップが、ギャップ G に前記 ABS での長さ  $g$  をもたらす層厚さをもたらすことを特徴とし、

前記 ABS での磁極端要素 PT 1 b の長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする請求項 40 に記載の方法。

【請求項 42】前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、請求項 41 に記載の方法。

【請求項 43】前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、請求項 41 に記載の方法。

【請求項 44】前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された前記底極片 P 1 を置くステップと、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、請求項 43 に記載の方法。

【請求項 45】前記ギャップ層 G を堆積するステップが、前記ギャップ層 G に  $0.1\mu\text{m}$  から  $0.7\mu\text{m}$  までの範囲内の長さ  $g$  をもたらすステップを含み、

前記別の磁性層を堆積するステップが、約  $7\mu\text{m}$  の層厚さを有する前記磁極端要素 PT 2 を堆積するステップを含み、

前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、各切欠が約  $0.7\mu\text{m}$  の深さになり、前記ベDESTAL が約  $0.7\mu\text{m}$  の高さを有するように、前記底極片 P 1 に切欠を設けるステップを含み、

前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素 PT 2 の厚さを約  $2\mu\text{m}$  減少させることを特徴とする、請求項 44 に記載の方法。

【請求項 46】MR 読取りヘッドと書き込みヘッドとを含

む MR 複合ヘッドを製造する方法において、該 MR 読取りヘッドが、第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2、該第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2 の間に挟まれた第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2、ならびに、該第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2 の間に挟まれた MR 素子を有し、前記書き込みヘッドが、エア・ベアリング面 (ABS) からバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片 P 1 と頂極片 P 2 とを含み、該底極片 P 1 が、第 2 シールド層 S 2 を構成し、前記底極片 P 1 が、前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 PT 1 a および PT 1 b を有し、前記頂極片 P 2 が、前記 ABS と前記 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 PT 2 を有し、前記磁極端要素 PT 1 b が、前記第 2 シールド層 S 2、前記底極片 P 1 および前記磁極端要素 PT 1 a に関してベDESTAL であり、前記第 2 シールド層 S 2 が、前記磁極端要素 PT 1 a および PT 1 b を含み、ギャップ層 G が、前記磁極端要素 PT 1 a および PT 2 の間に挟まれ、前記磁極端要素 PT 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 PT 1 b のそれぞれが、第 1 および第 2 の垂直側壁を有し、前記磁極端要素 PT 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 PT 1 b の第 1 垂直側壁が、第 1 垂直面内で連続しており、前記磁極端要素 PT 2、前記ギャップ層 G および前記磁極端要素 PT 1 b の第 2 垂直側壁が、第 2 垂直面内で連続しており、前記第 1 および第 2 の垂直面が、前記 ABS に対して垂直であり、MR 複合ヘッドのトラック幅を画定する距離  $w$  だけ ABS で互いに離隔しており、

(1) 前記 MR 読取りヘッドの前記第 2 シールド層 S 2 と、

(2) 前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間の未画定の磁極端部分と、前記 0 スロット・レベルとバック・ギャップとの間のバック部分とを有する前記底極片 P 1 とを形成するために、前記バック・ギャップを含み前記 ABS から前記バック・ギャップまで、第 1 磁性層を堆積するステップと、

前記 ABS から前記 0 スロット・レベルまで、前記第 1 磁性層の上にギャップ層 G を堆積するステップと、

前記第 1 および第 2 の垂直側壁を有する画定された前記磁極端要素 PT 2 を有する前記頂極片 P 2 を形成するため、前記第 1 磁性層の上で前記ギャップ層 G の上に第 2 磁性層を堆積するステップと、

前記磁極端要素 PT 2 の各側面上で前記第 1 磁性層に切欠を設けるためのマスクとして前記磁極端要素 PT 2 を使用して、前記底極片 P 1 の未画定の磁極端部分のある区域内の前記第 1 磁性層で、前記 ABS に実質的に平行で前記磁極端要素 PT 2 の第 1 および第 2 の側壁に対して角度  $\theta$  の方向に、少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップとを含み、前記切欠によって、垂直のベDESTAL を有する前記第 1 磁性層が残され、前記垂直ベ

10

20

30

40

50

デスタルが、前記磁極端要素PT1bであり、前記磁極端要素PT1bに第1および第2の垂直側壁をもたらす、前記ABSと前記0スロート・レベルとの間の、前記ベデスタルを除く磁性層が、前記磁極端要素PT1aを含み、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1垂直側壁が、第1垂直面内で位置合せされ、前記磁極端PT1bおよびPT2の第2側壁が、第2垂直面内で位置合せされ、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅wを画定するため前記ABSで互いに離隔されることを特徴とする前記方法。

【請求項47】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に前記ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含み、

前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁にそれぞれ位置合せされる第1および第2の側壁を前記ギャップ層Gにもたらし、ことを特徴とする、請求項46に記載の方法。

【請求項48】前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、

前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度 $\theta$ であり、

前記第2イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項46に記載の方法。

【請求項49】前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の厚さを減少させ、

前記磁極端要素PT2を形成するために磁性層を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含むことを特徴とし、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出させる窓を前記ABSと前記0スロート・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2の上で実質的に前記0スロート・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む請求項48に記載の方法。

【請求項50】前記ギャップ層Gを堆積するステップが、前記ギャップGに前記ABSでの長さgをもたらす層厚さをもたらすことを特徴とし、

前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にいることを特徴とする、請求項49に記載の方法。

【請求項51】前記第1イオン・ビームが、約 $30^\circ$ の

角度 $\theta$ であり、

前記第2イオン・ビームが、約 $75^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、請求項50に記載の方法。

【請求項52】前記ギャップ層Gを堆積するステップが、0.1 $\mu\text{m}$ から0.7 $\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さgを有するギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、約7 $\mu\text{m}$ の層厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含み、

前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、約0.7 $\mu\text{m}$ の深さである深さを有する切欠を前記第1磁性層に設け、これによって、約0.7 $\mu\text{m}$ の高さを有するベデスタルを設けるステップを含み、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の層厚さを約2 $\mu\text{m}$ 減少させることを特徴とする、請求項51に記載の方法。

【請求項53】前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された第1磁性層を置くステップと、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、請求項52に記載の方法。

【請求項54】前記第1および第2のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、請求項53に記載の方法。

【請求項55】前記第1および第2のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、請求項53に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、位置合せされた磁極端を有する薄膜併合磁気抵抗(MR)ヘッドと、その製造方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気ディスク駆動装置では、高速で回転するディスクの表面の上に支持される、「ヘッド」と称する薄膜磁気変換器によってデータが読み書きされる。ヘッドは、ディスクの高速回転によって作られる空気の薄いクッション(「エア・ベアリング」)によって支持される。

【0003】薄膜磁気書き込みヘッドは、高い面密度をもたらすので望ましく、薄膜磁気読取りヘッドは、分解能が高いので望ましい。薄膜磁気ヘッドは、製造が簡単でもある。さまざまな薄膜製造技法を用いて、セラミック基板上にヘッドをまとめて製造した後に、個々のヘッドに刻み分ける(dice)ことができる。

【0004】薄膜書き込みヘッドには、磁性材料の薄膜(「層」)から形成される底極片P1および頂極片P2

が含まれる。これらの極片は、一般に「スロート・ハイト (throat height)」と称する磁極端高さ寸法を有する。完成した書き込みヘッドでは、スロート・ハイトが、極片の先端を研磨することによって形成されるエア・ベアリング面 (「ABS」) と、底極片 P1 および頂極片 P2 が磁気記録ギャップに収束する 0 スロート・ハイト・レベル (「0 スロート・レベル」) との間で測定される。薄膜磁気書き込みヘッドにも、ABS と 0 スロート・レベルの間に置かれる磁極端領域が含まれ、さらに、0 スロート・レベルから後ろに延び、バック・ギャップを含むバック領域が含まれる。極片のそれぞれは、磁極端領域に磁極端部分を有し、バック領域にバック部分を有する。極片は、バック・ギャップで互いに接続される。

【0005】磁極端は、書き込みヘッドの底極片 P1 および頂極片 P2 の延長である。底極片 P1 および頂極片 P2 のそれぞれが、磁極端領域では磁極端に変化する。磁極端は、絶縁材料の薄い層であるギャップ層 (G) によって分離される。頂極片 P2 の磁極端は、磁束を磁気媒体に誘導する最後の要素である。したがって、その幅は、底極片 P1 の磁極端の幅よりも重要である。しかし、下で詳細に説明するように、磁極端の間での磁束漏れを最小にするために、磁極端が同一の幅を有することが重要である。

【0006】ディスクの単位表面積あたりに記憶されるデータの量 (「面密度」) を高めるためには、書き込みヘッドが、ディスク表面のより狭いトラックにより多くのデータを書き込むことが必要である。したがって、面密度の向上は、磁極端の間のギャップ長を減らすことによって可能である。ギャップ長を減らすことによって、トラック内のビット密度が高まる。しかし、ギャップ長の短縮は、磁極端の間の磁束強度 (flux intensity) の減少によって制限される。面密度の向上は、書き込みヘッドがディスクに記録するデータ・トラックの数を増やすことによって可能である。これに関連するパラメータ表現が、「トラック毎インチ」または「TPI」である。書き込みヘッドの TPI 能力は、データ・トラックの幅を決定するヘッド寸法を減らすことによって高められる。通常、この寸法をヘッドの「トラック幅」と称する。

【0007】MR 読取りヘッドには、回転する磁気ディスクからの磁束密度に応答して抵抗値が変化する磁気抵抗 (MR) 要素が使用される。この磁気抵抗要素を通過する感知電流は、磁気抵抗要素の抵抗の変化に比例して変化する。磁気抵抗要素の応答は、磁気抵抗要素の抵抗変化が磁気媒体から感知される磁束密度の変化にどれほど良好に従うかに基づいている。ディスク駆動装置では、読取りヘッドからのリードバック信号を処理するために、磁気抵抗要素に差動前置増幅器を接続する。磁気抵抗要素は、底ギャップ (絶縁) 層 G1 と頂ギャップ層 G2 に挟まれた薄膜層であり、これらは、底シールド層である第 1 シールド層 S1 と頂シールド層である第 2

シールド層 S2 に挟まれる。これらのシールド層の間の距離を、読取りギャップと称する。読取りギャップが狭ければ狭いほど、MR 読取りヘッドの分解能が高くなる。

【0008】最近の技術の進歩によって、MR 複合 (merged) ヘッドがもたらされた。MR 複合ヘッドでは、MR 読取りヘッドと書き込みヘッドを組み合わせて使用する。これは、MR ヘッドの第 2 シールド層 S2 を書き込みヘッドの底極片 P1 として使用することによって達成される。MR 複合ヘッドは、読取りまたは書き込みのいずれかに関して高い能力を有する。MR 複合ヘッドでは、MR 読取りヘッドの第 2 シールド層 S2 が、書き込みヘッドの底極片 P1 としても働き、これによって製造ステップが 1 つ省略されるので、読取りヘッドと書き込みヘッドを別々に製造する場合に対して処理ステップが節約される。MR 複合ヘッドのもう 1 つの長所は、書き込み直後の読取りのために、読取りヘッドと書き込みヘッドの諸要素を単一のサスペンション・システム上で簡単に位置合わせできることである。

【0009】しかし、現在の MR 複合ヘッド構造では、記録中にかなり大きいサイドフリンジ磁界が生じる。この磁界は、頂極片 P2 から底極片 P1 の、P2 によって画定される領域を越えた部分への磁束漏れによって生じる。このサイドフリンジ磁界は、達成可能な最小トラック幅を制限し、したがって、トラック密度の上限を制限する。その結果、MR 複合ヘッドの記録要素によって書き込まれたトラックを MR 要素によって読み取る時には、MR 要素の「オフトラック」性能が劣悪になる。すなわち、MR 要素が、読取り中のトラックの中心から横方向に移動する時、その MR 要素が少し移動しただけで、隣接トラックの磁界からの干渉が、読取り中のトラックの磁界と干渉し始める。

【0010】誘導ヘッドでは、底磁極端要素 PT1 および頂磁極端要素 PT2 の側壁が、上下の極片を介するイオン・ビーム・ミリングによって、実質的に垂直に位置合わせされ、実質的に等しい幅に制限される。しかし、この処理中に頂磁極端要素 PT2 によって引き起こされるシャドーイングのために、底磁極端要素 PT1 に向かって多少外向きのテーパーが付く。このテーパーの非対称性は、幾つかの望ましくない影響をもたらすが、磁極端の側壁は、磁極端の間のギャップの縁を超えるサイドフリンジを防ぐようにおおむね垂直に位置合わせされる。

【0011】MR 複合ヘッドを製造するための本方法では、第 2 シールド層 S2 の上にギャップ層を堆積した後、ギャップ層の上に頂磁極端要素 PT2 を堆積する。頂磁極端要素 PT2 は、フォトレジスト・フレームめっきまたはイオン・ビーム・ミリングのいずれかによって画定できる。頂磁極端要素 PT2 の幅は、書き込まれるトラックの幅を制限するために、5  $\mu$ m 程度に狭く保たれる。しかし、この MR 読取りヘッドの第 2 シールド層

S 2は、読取りヘッド内のMR要素をシールドするために、50 $\mu$ m程度の非常に広い幅を有する。この幅の相違が、頂磁極端要素PT 2の幅を超えて横に延びる磁極端要素の間のサイドフリンジ磁束場をもたらす。これは、頂磁極端要素PT 2からの磁束線のための大きな横チャネルをもたらす第2シールド層S 2の幅によって引き起こされる。底磁極端要素PT 1を含む第2シールド層S 2は、頂磁極端要素PT 2の側壁に位置合せされた側壁を有することが望ましいはずである。しかし、第2シールド層S 2は、MR要素を保護するために幅広である必要があるため、これは不可能である。このため、MR複合ヘッドのオフトラック性能問題を改良できないように見える。

【0012】MR複合ヘッドのサイドフリンジ問題に対する解決策の1つが、第2シールド層S 2の上に狭い磁極端層PT 1 bを作り、S 2層により幅広の底の磁極端要素PT 1 aとして働かせることである。これらの磁極端の両方が、底極片P 1の磁極端部分であり、磁極端層PT 1 bが、磁極端要素PT 1 aの上でベDESTAL (pedestal) を形成する。その後、磁極端層PT 1 bの上にギャップ層を形成し、そのギャップ層の上に頂極片P 2の頂磁極端要素PT 2を形成する。この磁極端配置は、

(1) フォトレジスト・マスキング技法を使用して磁極端層PT 1 bと頂磁極端要素PT 2のそれぞれをフレームめっきするか、(2) 頂極片P 2のヨーク区域をマスキングし、頂磁極端要素PT 2と磁極端層PT 1 bの両方ならびにそれらの間のギャップ層を介してイオン・ビーム・ミリングを行うかのいずれかによって構成することができる。フレームめっき処理では、頂磁極端要素PT 2と磁極端層PT 1 bの側壁を位置合せすることが極端に困難である。これは、磁極端のそれぞれが、別の工程でめっきされ、その結果、フォトレジスト・マスクの位置ずれが生じるからである。イオン・ビーム・ミリングの場合、ミリング屑の再堆積が処理中にPT 2上に蓄積し、その下の磁極端層PT 1 bのシャドーイングを引き起こす。このシャドーイングは、上で述べた誘導ヘッドを製造する際にも生じる現象であるが、下側の磁極端層PT 1 bの外向きテーパ構成をもたらす。シャドーイングは、下側の磁極端から横に延び、サイドフリンジ磁界の磁気経路をもたらす。まっすぐ下向きではなくイオン・ビームを側壁に対してある角度に向けることによって、屑を取り除き、これらの磁極端の側壁を垂直に位置合せする試みがなされてきた。これによって、屑の一部が切除される。しかし、累積した屑は非常に厚いので、この処理によって垂直の側壁を得ることはできない。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、サイドライティング (sidewriting) を最小化するために垂直に位置合せされた磁極端を有する薄膜磁気ヘッドを提

供することである。

【0014】本発明のもう1つの目的は、オフトラック性能が改良された薄膜MR複合ヘッドを提供することである。

【0015】本発明のもう1つの目的は、その中の磁気抵抗要素のシールドとして働き、良好なオフトラック性能を有する書き込みヘッドの磁極端としても働く第2シールド層S 2を有するMR複合ヘッドを提供することである。

10 【0016】本発明のもう1つの目的は、第2シールド層S 2が小さな高さのベDESTALを有し、このベDESTALが磁極端層PT 1 bとして働き、その下のS 2層が書き込みヘッドの底極片P 1の磁極端要素PT 1 aとして働くことを特徴とし、磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされることを特徴とする、MR複合ヘッドを提供することである。

【0017】他の目的および長所は、本発明の下記の説明を鑑みれば明らかになる。

【0018】

20 【課題を解決するための手段】従来技術のMR複合ヘッドのサイドフリンジ問題は、MR複合ヘッド製造の処理における独自の2ステップの発見によって解決された。第1の発見は、磁極端層PT 1 bの長さ (S 2/PT 1 a磁極端に関するベDESTAL部分) を、以前に考えられていたものより短くすることができるということである。ギャップ層Gの長さgの0.5倍ないし2.5倍の長さを有するベDESTAL磁極端層PT 1 bを用いると、ベDESTAL磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされている場合に、サイドフリンジ磁界が大幅に減少することが観察された。垂直位置合せは、2つのステップを含む第2の発見によって達成された。その第1ステップは、所望の幅を有するギャップ層の上に頂磁極端要素PT 2をフレームめっきすることである。この層の厚さは、次の処理ステップによって減らされるので、所望の最終的な厚さより厚くすることができる。たとえば、5 $\mu$ mの最終厚さを所望する場合、追加の2 $\mu$ mを追加し、合計7 $\mu$ mの厚さとする30 ことができる。フォトレジスト・フレームめっき処理を用いて、7 $\mu$ mの厚さを有し、垂直の側壁を有する頂磁極端要素PT 2を構成することができる。次のステップは、頂磁極端要素PT 2をマスクとして使用して、頂磁極端要素PT 2の側壁に対してある角度で頂磁極端要素PT 2の下の磁性層にイオン・ビームを向けて、側壁の各側面のPT 2の下の磁性層を切り欠き、ベDESTAL磁極端層PT 1 bを形成することである。適正な角度を用いると、ベDESTAL磁極端層PT 1 bの側壁が頂磁極端要素PT 2の側壁と垂直に位置合せされるという驚くべき結果が得られる。ベDESTAL磁極端層PT 1 bの長さは非常に短くすることができるので、磁束漏れを適切に減少させるために、ベDESTAL磁極端層PT 1 bを、第40



2 シールド層S 2に直接にミリングすることができる。これによって、第2シールド層S 2の上にペDESTALを形成するために、その上に層を堆積する必要がなくなる。典型的なギャップ長は0.3  $\mu\text{m}$ であるが、これによって、約0.6  $\mu\text{m}$ というペDESTAL磁極端層PT 1 bの長さもたらされる。ペDESTAL磁極端層PT 1 bを得るためのイオン・ビーム・ミリングによる第2シールド層S 2の切欠きは、磁気抵抗要素をシールドする能力に影響しない。頂磁極端要素PT 2の側壁に対してある角度にイオン・ビームを向けることによって、このイオン・ビームが、カットと同時に再堆積を除去する。55°の角度で満足な結果が得られることが判っている。しかし、さらに良いミリング処理では、順番にまたは同時にのいずれかで、2つのイオン・ビームを使用する。30°に向けられた第1ビームがカットと再堆積の部分的な除去を実行し、75°の第2のビームが、残りの再堆積のすべてを除去して、頂磁極端要素PT 2とペDESTAL磁極端層PT 1 bの間で垂直に位置合せされた側壁をもたらすことが判っている。その代わりに、第2シールド層S 2の上に磁性層を置き、第2の発見に関して説明したステップによってこれを切り欠くことができる。しかし、これには、異なる材料を所望する場合でない限り不要な追加の処理ステップが必要になる。その代わりに、ペDESTAL磁極端層PT 1 bをギャップ層の下に画定する前に、ギャップ層を、イオン・ビームによってミリングするか、化学エッチングによって画定することができる。重要なことに、この2つの発見を用いて、2  $\mu\text{m}$ 未満のトラック幅を達成できる。これに対して、3  $\mu\text{m}$ 未満のトラック幅を有する誘導ヘッドは存在しない。

【0019】

【実施例】ここで図面を参照するが、図中で同一の符号は、同様の図を通じて類似または同様の部品を示す。図1には、回転する磁気ディスク42を含む磁気ディスク駆動装置40が示されている。磁気ディスク42は、駆動装置制御源（図示せず）からの制御信号に応答するモーター44によって回転される。磁気ディスク42が回転する時、スライダ48に取り付けられた薄膜MR複合ヘッド（以下、MR複合ヘッドと呼称する）46が、「エア・ベアリング」と称する空気の薄い層によって、磁気ディスク42の表面の上に支持される。MR複合ヘッド46には、MR読取りヘッド50と書き込みヘッド52が含まれる。スライダ48とMR複合ヘッド46の底面は、スライダのエア・ベアリング面（以下、ABSと呼称する）54の平面内にある。ABS 54は、磁気ディスクが回転している時に、MR複合ヘッド46の浮上高さである距離dだけ磁気ディスク42の表面から離隔している。スライダ48は、駆動装置電子回路58とヘッドの間で読書信号を伝えるための手段を含むヘッド・サスペンション・アセンブリ56に接続される。駆動装置の上記の諸構成要素は、駆動装置ハウジング59内に

取り付けられる。

【0020】書き込みヘッド52の磁極端要素を、回転する磁気ディスクのトラック62に対する動作関係で図2の符号60に概略的に示す。書き込みヘッドによってトラックに記録された情報を表す磁束反転を、符号64に概略的に示す。トラックの長さの1インチあたりの磁束反転の個数が、読取りヘッドの線密度またはビット密度の尺度である。書き込みヘッドのギャップ長を短縮する時、ビット密度が高まる。もう1つの重要な尺度が、符号60の書き込みヘッドのTPIである。書き込みヘッドの磁極端要素の幅が狭ければ狭いほど、TPIが大きくなる。ビット密度とTPIの積から、書き込みヘッドの面密度が得られる。これは、磁気ディスクの単位面積あたりに書き込むことのできる情報の量の尺度である。

【0021】図3は、MR読取りヘッド50と書き込みヘッド52を示す、MR複合ヘッド46の部分図である。MR複合ヘッド46は、スライダ48に取り付けられる。

【0022】図3からわかるように、MR読取りヘッド50には、底ギャップ層G1と頂ギャップ層G2の間に挟まれた磁気抵抗要素MRが含まれ、これらのギャップ層は、第1シールド層S1と第2シールド層S2の間に挟まれている。MR複合ヘッドでは、以下に詳細に説明するように、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2が、書き込みヘッド52の底極片P1としても働く。

【0023】図5からわかるように、書き込みヘッド52には、エア・ベアリング面（ABS）と0スロット・レベルの間に置かれる磁極端領域と、0スロット・レベルからバック・ギャップまで後ろに延びバック・ギャップを含むヨーク領域またはバック領域が含まれる。書き込みヘッド52には、底極片P1と頂極片P2が含まれる。底極片P1は、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2を構成する。底極片P1と頂極片P2のそれぞれが、バック領域に置かれるバック層部分を有し、極片のバック層部分は、バック・ギャップ（BG）で磁氣的に結合される。底極片P1には、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端領域に置かれる磁極端構造が含まれる。この磁極端構造には、下側の磁極端要素PT 1 aと上側のペDESTAL磁極端層PT 1 bが含まれる。頂極片P2には、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端領域に置かれる磁極端構造が含まれる。この磁極端構造には、磁極端要素PT 2が含まれる。磁極端要素PT 1 aとペDESTAL磁極端層PT 1 bは、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2から一体式に形成されるが、これについては後で詳細に説明する。ギャップ層（G）は、ペDESTAL磁極端層PT 1 bと頂磁極端要素PT 2の間に挟まれる。この層の所望の厚さ（ギャップ長）は、約0.3  $\mu\text{m}$ であり、これによって、書き込みヘッドの磁束強度を犠牲にすることなく書き込みヘッドの線密度が最適化される。しかし、許容可能なギャップ長は、

0.1  $\mu\text{m}$  から 0.7  $\mu\text{m}$  までの範囲におよぶ。ギャップ層 G は、バック・ギャップ BG まで延ばすか、その代わりに 0 スロット・レベルで打ち切ることができる。

【0024】第 1 絶縁層  $I_1$  を、フォトリソグラフィなどの適当な方法によってギャップ層 G の上に堆積する。第 1 絶縁層  $I_1$  の上に、フォトレジスト・フレームめっきなどの適当な方法によってコイル状導体 70 を堆積させる。コイル状導体 70 の上に、フォトリソグラフィなどの適当な方法によって、第 2 絶縁層  $I_2$  および第 3 絶縁層  $I_3$  を堆積する。

【0025】MR 複合ヘッド 46 を「併合」と称するのは、図 5 および図 6 に示されるように、底極片 P1 とその磁極端が MR 読取りヘッドの第 2 シールド層 S2 を構成するからである。併合ヘッドの特徴の 1 つが、余分の磁性層を堆積する処理ステップが不要になることである。しかし、図 6 からわかるように、ギャップ層 G の両側面を超える第 2 シールド層 S2 の大きな幅が、頂磁極端要素 PT2 の幅を越えて第 2 シールド層 S2 に向かって磁束を広がらせる。この「サイドフリンジ (side-fringing)」磁束が、サイドライティングを引き起こし、これがオフトラック性能を低下させる可能性がある。この問題は、第 2 シールド層 S2 をギャップ層 G の両側、符号 78 および 79 の位置で切り欠いて、ベデスタル磁極端層 PT1b を形成するベデスタルを有する第 2 シールド層 S2 をもたらすことによって克服された。ベデスタル磁極端層 PT1b の下には、磁極端要素 PT1a と称する区域がある。磁極端要素 PT1a とベデスタル磁極端層 PT1b は、第 2 シールド層 S2 を構成する底極片 P1 の前方延長である。第 2 シールド層 S2 の幅は、MR 読取りヘッド 50 の MR 要素を効果的にシールドするのに十分な幅である。この幅は、磁極端要素の幅が 2  $\mu\text{m}$  であるのに対して、50  $\mu\text{m}$  程度とすることができる。第 2 シールド層 S2 の切欠 78 および 79 が、垂直の第 1 側壁 80 および第 2 側壁 82 を有するベデスタル磁極端層 PT1b をもたらすことに留意されたい。同様に、ギャップ層 G は、垂直の第 1 側壁 84 および第 2 側壁 86 を有する。ギャップ層 G の上にある頂磁極端要素 PT2 は、垂直の第 1 側壁 88 および第 2 側壁 90 を有する。ベデスタル磁極端層 PT1b の第 1 側壁 80、ギャップ層 G の第 1 側壁 84 および頂磁極端要素 PT2 の第 1 側壁 88 は、第 1 垂直面 100 内で連続しており、第 2 側壁 82、86 および 90 は、第 2 垂直面 102 内で連続している。図 6 からわかるように、第 1 垂直面 100 と第 2 垂直面 102 は、ABS で互いに等間隔に置かれて、書込みヘッド 52 のトラック幅 w を形成する。第 1 垂直面 100 と第 2 垂直面 102 は、ABS に対して垂直でもある。第 1 垂直面 100 と第 2 垂直面 102 は、ABS から 0 スロット・レベルまでの全体にわたって等間隔であることが好ましい。しかし、望むならば、これらを ABS から開く形にすることができる。第 1 垂

直面 100 と第 2 垂直面 102 内の磁極端要素の側壁の垂直位置合せは、ベデスタル磁極端層 PT1b と組み合わせ、第 2 シールド層 S2 の大きな横幅によって引き起こされるサイドライティングを最小にするために重要である。このベデスタル磁極端層 PT1b の重要性を、次の段落で説明する。

【0026】ベデスタル磁極端層 PT1b の長さを、以前に可能であると考えられていた長さよりはるかに短くすることができることが発見された。本発明者は、最適な長さを有するベデスタル磁極端層 PT1b を形成するための第 2 シールド層 S2 の最適切欠深さを決定した。図 9 ないし図 12 に、その分析の結果を示す。図 9 ないし図 12 のそれぞれでは、(1) 底極片 (P1) の切り欠かれた書込みヘッドの平面内サイドトラック書込み磁界を示し、(2)  $\mu\text{m}$  単位のアフトラック位置に対して正規化されたヘッド磁界をプロットし、(3) ほとんどのヘッドがディスク媒体の飽和保持力の 2.5 倍の最大書込み磁界付近で設計されているので、0.4 の正規化ヘッド振幅で実効フリンジ磁界をとり、(4) ギャップの横中心線に沿ってギャップ層 G の側壁からオフトラック位置を測定し、(5) ギャップ長は 0.4  $\mu\text{m}$  であり、(6) 回転するディスクの上でのヘッドの浮上高さは 0.075  $\mu\text{m}$  であり、(7) 「最大」と記された破線は、切欠がなく、したがってベデスタル磁極端層 PT1b がなく、その結果、ギャップ層 G が第 2 シールド層 S2 の真上にある (図 14 参照) 場合のサイドトラック書込み磁界であり、(8) 「最小」と記された破線は、無限の長さのベデスタル磁極端層 PT1b のサイドトラック書込み磁界であり、(9) 「最大」と「最小」の破線の間にある実線は、分析の結果である。図 9 では、図 5 に示されたベデスタル磁極端層 PT1b の長さが、ギャップ長の 3 倍すなわち 1.2  $\mu\text{m}$  である。0.4 の正規化ヘッド磁界で、サイドトラック書込み磁界が、無限長のベデスタル磁極端層 PT1b の最小サイドトラック書込み磁界に非常に近いことがわかる。図 10 では、ベデスタル磁極端層 PT1b の長さが、ギャップ長の 2 倍すなわち 0.8  $\mu\text{m}$  である。0.4 正規化ヘッド磁界での結果は、まだ無限長の磁極端要素の最小サイドトラック書込み磁界に非常に近い。図 11 では、ベデスタル磁極端層 PT1b の長さが、ギャップ長の 1 倍すなわち 0.4  $\mu\text{m}$  であるが、それでも、「最大」の破線によって表される磁極端が存在しない場合よりも「最小」の破線によって表される無限磁極端に近い性能を有する。図 11 には、第 2 シールド層 S2 の切欠が 0.4  $\mu\text{m}$  であっても、0.4  $\mu\text{m}$  の長さのベデスタル磁極端層 PT1b によって、ベデスタルが全く存在しない書込みヘッドに対して書込みヘッドのアフトラック性能がかなり改善されることが示されている。図 12 では、ベデスタル磁極端層 PT1b の長さがギャップ長の 0.5 倍すなわち 0.2  $\mu\text{m}$  である。長さが 0.2  $\mu\text{m}$  であっても、ベデ

スタル磁極端層PT1bは、0.4の正規化ヘッド磁界で、ペDESTALが全く存在しないヘッドに対して40%の改善をもたらす。

【0027】前述の分析は、ペDESTAL磁極端層PT1bの長さを非常に短くしても、オフトラック性能のかなりの改善を達成できることを実証するものである。この長さの許容可能範囲は、ギャップ長の0.5倍から3.0倍までであり、ギャップ長の2倍が、ペDESTAL磁極端層PT1bの好ましい長さまたは最適長さである。ギャップの長さは、ここで示した0.4 $\mu$ m以外の値とすることができると理解されたい。ギャップの長さは、許容可能な性能に関して、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲でさまざまな値とすることができる。したがって、ペDESTAL磁極端層PT1bの切欠または長さは、所望のギャップ長の0.5倍から3.0倍までとなるはずである。MR要素のシールドに関する第2シールド層S2の性能を変えせずに、MR読取りヘッド50の第2シールド層S2内にペDESTAL磁極端層PT1bを形成できることが、かなり重要である。第2シールド層S2は、通常は7 $\mu$ mから8 $\mu$ mまでの厚さであり、約1 $\mu$ mの切欠は、その性能に影響しない。しかし、望むならば、切欠78および79を考慮に入れてより厚い第2シールド層S2を堆積することができる。重要なことは、この切欠によって、ペDESTAL磁極端層PT1bのために別の層を堆積するステップが節約されることである。しかし、第2シールド層S2の上に別の層を堆積した後、第2シールド層S2と異なる材料からなるペDESTAL磁極端層PT1bを設けるため適当に切欠を作ることができることを理解されたい。これは、ペDESTAL磁極端層PT1bが第2シールド層S2と異なる材料からなる場合に望まれるであろう。たとえば、ペDESTAL磁極端層PT1bを、大量の磁束を扱うために、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料から構成し、第2シールド層S2を、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料から構成することができる。第2シールド層S2と異なる材料からなるペDESTAL磁極端層PT1bの構成は、後で詳細に説明する。

【0028】ペDESTAL磁極端層PT1bの長さの短縮は、重要な発見であるが、図6に示されるように、ペDESTAL磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの側壁が、ABSで互いに垂直に位置合せされることも重要である。これらの垂直側壁を達成するための構成の方法は、下の「MR複合ヘッドを製造する方法」で詳細に説明するもう1つの発見である。

【0029】ここで、図5および図6のMR複合ヘッド46の性能を、図14および図15の従来技術のMR複合ヘッドと比較することができる。従来技術のMR複合ヘッドでは、頂磁極端層PT2が、間にギャップ層Gを挟んで第2シールド層S2の上に形成される。第2シールド層S2は、底極片P1として働き、その前方延長で

は、底磁極端層PT1として働く。頂磁極端層PT2を第2シールド層S2から分離する唯一の要素が、ギャップ層Gである。第2シールド層S2の横幅が頂磁極端層PT2の幅と比較して大きいので、頂磁極端層PT2からその幅を超えて第2シールド層S2へ、かなりのサイドフリッジ磁束が延びる。これは、かなりのサイドライティングと貧弱なオフトラック性能をもたらす。磁束は、頂磁極端層PT2と、底磁極端層PT1として働く第2シールド層S2の間を進み、頂磁極端層PT2の側壁によって形成される平面内に完全に収まることが望ましい。図5および図6のMR複合ヘッドが達成するのは、この望ましい性能である。

【0030】図13に、従来技術の誘導ヘッドをABSから見た図を示す。この誘導ヘッドには、ギャップ層Gによって分離された底磁極端層PT1と頂磁極端層PT2が含まれる。誘導ヘッドは、底磁極端層PT1、ギャップ層Gおよび頂磁極端層PT2を使用して、読取り機能と書き込み機能の両方を実行する。書き込み機能の間には、図示されないコイルが、底磁極端層PT1と頂磁極端層PT2に磁束を誘導して、書き込み動作を実行する。読取り動作の間には、底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2とそれらの対応する極片が、同一のコイルに磁束を誘導して、読取り動作を実行する。この従来技術の誘導ヘッドのオフトラック性能は、図14および図15に示された従来技術のMR複合ヘッドのオフトラック性能より良い。というのは、底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2の側壁が垂直により近く位置合せされているからである。しかし、誘導ヘッドの従来技術の構成では、必然的に底磁極端層PT1および頂磁極端層PT2が基板に向かって幅広くなる結果となる。頂磁極端層PT2および底磁極端層PT1の両方が、この順番で、その構成の間に下向きのイオン・ビームによってミリングされる。イオン・ビームを真下に向ける時、ミリングされた層のかなりの量の再堆積が、ミリングされる磁極端要素の側壁に累積し、頂磁極端層PT2が下の底磁極端層PT1をシャドーイングし、このため図13に示された外向きのテーパー状の形状がもたらされる。頂磁極端層PT2と対比して幅広の底磁極端層PT1は、多少の望ましくないサイドライティングを引き起こす。さらに、両方の磁極端のイオン・ミリング(8 $\mu$ mないし10 $\mu$ m)には、長時間を要する。

【0031】図7および図8は、図5および図6に示された実施例からわずかに修正された本発明のもう1つの実施例を示す図である。図7および図8の実施例では、頂極片P2が、磁極端要素PT2aを形成する前方延長を有する頂磁性層110と、磁極端要素PT2bを形成する前方延長を有する底磁性層112から構成される。磁極端要素PT2bは、垂直の第1側壁114および第2側壁116を有し、磁極端要素PT2aは、垂直の第1側壁118および第2側壁120を有する。図8から

わかるように、ペDESTAL磁極端層PT1bの第1側壁80、ギャップ層Gの第1側壁84、磁極端要素PT2bの第1側壁114および磁極端要素PT2aの第1側壁118は、それぞれ第1垂直面100内にあり、ペDESTAL磁極端層PT1bの第2側壁82、ギャップ層Gの第2側壁86、磁極端要素PT2bの第2側壁116および磁極端要素PT2aの第2側壁120は、第2垂直面102内にある。磁極端要素PT2aは、その下の磁極端要素と垂直に位置合せされた側壁を有する状態で図示されているが、磁極端要素PT2bがギャップ層Gの長さの約3倍の長さを有する場合には、これは必要ない。というのは、その長さを超えた距離での磁束の流れがあまり重要でなくなるからである。したがって、磁極端要素PT2aのABSでの横幅を、ペDESTAL磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの幅よりかなり広い横幅とすることができる。磁極端要素PT2aおよび磁極端要素PT2bは、磁極端要素PT2bが磁極端要素PT2aと異なる材料であることが所望される時に、2つの別々の層で構成することができる。たとえば、磁極端要素PT2bを、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料から構成し、磁極端要素PT2aを、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料から構成することができる。この配置の場合、磁極端要素PT2bは、飽和せずに大量の磁束を担持することができる。

【0032】下で説明する構成の方法を用いると、MR複合ヘッド46の磁極端要素の幅を、2 $\mu$ mまで狭めることができる。これは、図13に示された従来技術の誘導ヘッドの通常の幅である4 $\mu$ mないし5 $\mu$ mより小さい。図5および図6のペDESTAL磁極端層PT1bおよび頂磁極端要素PT2の幅または図7および図8のペDESTAL磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2bの幅が、MR複合ヘッドの書き込みヘッド部分のトラック幅を確立する。これからTPIを求めることができる。このTPIは、書き込みヘッドの面密度を得る際の係数の1つである。

【0033】図3および図4は、さまざまな詳細を示すために部分切断図の形にした、書き込みヘッドのより完全な実施例を示す図である。図3では、カバー層である底磁性層112の一部が取り除かれ、第2絶縁層1<sub>2</sub>および第3絶縁層1<sub>3</sub>が取り除かれ、コイル状導体70の一部が省略されている。コイル状導体70は、頂極片P2と底極片P1の間でバック・ギャップBGの周囲に延びる。コイル状導体70の一端は、符号73でリード線72に接続され、この導体の他端（図示せず）は、リード線74に接続される。リード線72および74を介してコイル状導体70に信号電流が送られる時、コイル状導体70は、頂極片P2と底極片P1に磁束を誘導する。これが、ABSの磁極端を前後に横切る磁束を誘導する。

【0034】MR複合ヘッドを製造する方法

本発明のMR複合ヘッドは、既知の薄膜フォトリソグラフィ・ステップとイオン・ビーム・ミリング・ステップの独自の組合せを使用して構成される。フォトリソグラフィには、フォトレジスト・フレームめっき処理を使用する磁性層の堆積と、フォトレジストおよび現像処理による絶縁層の堆積が含まれる。イオン・ビーム・ミリングは、チャンバ内で実行される。このようなチャンバの内部部品の例を、図16に示す。被加工物（図示せず）は、ターンテーブル130上に置かれ、一定回転数で回転される。回転中に、1つまたは複数のイオン・ビーム132および134が、被加工物に向けられる。これらのイオン・ビームは、アルゴン・イオンであることが好ましい。一次供給源のイオン・ビーム132は、図では垂直下向きであり、二次供給源のイオン・ビーム134は、図では垂直からある角度に向けられている。後で詳細に説明するように、本発明のイオン・ビーム・ミリングは、垂直からある角度にのみ向けられたビームによって達成される。ターンテーブル130上の被加工物（図示せず）に関してイオン・ビームのオン、オフを切り替えるために、シャッタ136をピボット式に取り付ける。

【0035】MR複合ヘッド46のMR読取りヘッド50部分の構成は、当技術分野で周知である。第1シールド層S1、底ギャップ層G1、MR要素、頂ギャップ層G2および第2シールド層S2を、薄膜フォトリソグラフィ処理ステップによって堆積する。図5からわかるように、読取りヘッドの第2シールド層S2は、ABSからバック・ギャップまで、バック・ギャップを含むように堆積され、その結果、第2シールド層S2が、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端部分と、0スロット・レベルとバック・ギャップの間のバック部分を有するようになる。書き込みヘッド52の底極片P1が、この第2シールド層S2を構成する。この組合せによって、MR複合ヘッドが画定される。

【0036】本発明の第2の発見は、2つの部分からなる。第1に、頂極片P2の磁極端構造が、底極片P1の磁極端構造にペDESTALをイオン・ビーム・ミリングするためのマスクとして利用される。第2に、イオン・ビームが、単一の角度付きビームまたは1対の角度付きビームのいずれかで、頂磁極端構造の側壁に対してある角度に向けられる。角度付きビームの対が好ましく、これは、順番にまたは同時にのいずれかで向けることができる。どの実施例の機器も、頂磁極端構造に追加の厚さを堆積する。この追加の厚さは、底磁極端構造にペDESTALを形成するためのイオン・ビーム・ミリングによって減らされる。

【0037】本発明の図5および図6の実施例を構成するためにイオン・ビームを向けるためのさまざまな実施例を、図17ないし図23に示す。この実施例では、頂磁極端要素PT2が、底磁極端構造を構成するためのマ

スクとして使用される。本発明の図 7 および図 8 の実施例の構成に、同一の方法が使用されるはずである。この実施例では、磁極端要素 P T 2 b だけまたは磁極端要素 P T 2 b および磁極端要素 P T 2 a を、底磁極端構造を形成するためのマスクとして使用することができる。

【0038】図 17、図 18 および図 19 に、底磁極端構造を形成するために順次使用される 2 つの異なる角度のイオン・ビームの使用を示す。図 17 には、イオン・ビーム・ミリング中の厚さの減少を見込んで余分の厚さを有する状態で構成された頂磁極端要素 P T 2 が示されている。頂磁極端要素 P T 2 の層の最初の厚さは、2  $\mu$ m 程度の余分の厚さを含めて 7  $\mu$ m 程度とすることができる。頂磁極端要素 P T 2 は、第 1 側壁 88 および第 2 側壁 90 と共に形成されるが、頂磁極端要素 P T 2 を形成するための処理は、後で詳細に説明する。図 17 では、イオン・ビームが、頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対して 30° の角度に向けられている。イオン・ビームは、図では頂磁極端要素 P T 2 の第 2 側壁 90 だけに向けられているが、上で説明したように、ターンテーブル 130 による被加工物の回転のために、頂磁極端要素 P T 2 の第 1 側壁 88 と第 2 側壁 90 の両方に向けられる。ギャップ層 G が、P 1 / S 2 層の上に堆積され、頂磁極端要素 P T 2 が、ギャップ層 G の上に堆積される。上で述べたように、イオン・ビームを垂直下向きに向けると、かなりの量のカットされた材料（屑）が、ミリングされる要素の側壁に再堆積する。図 17 に示されるように、ビームを頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対して 30° の角度にすることによって、かなりのカットが発生するが、このビームは、カット動作中にある程度の屑の除去も実行する。30° が好ましい角度であるが、この角度は、2 角度実施例の場合には 20° から 40° の範囲とすることができる。図 17 には、カット動作の開始が示され、図 18 には、カット動作の最終結果が示されている。このカット動作の間に、頂磁極端要素 P T 2 は、第 2 シールド層 S 2 にペDESTAL 磁極端層 P T 1 b をカットするためのマスクとして働く。図 19 に示されるように、30° イオン・ビームの後に 75° イオン・ビームを用いて、30° 動作から残された再堆積を除去する。再堆積の除去には 75° イオン・ビームが好ましいが、これは、頂磁極端要素 P T 2 の側壁に対して 65° から 85° までの範囲とすることができる。カット動作中に、頂磁極端要素 P T 2 の厚さが、2  $\mu$ m など、追加された追加厚さ（図 17 参照）だけ減らされていることに留意されたい。驚くべき結果は、このミリングの後に、ペDESTAL 磁極端層 P T 1 b の側壁が、頂磁極端要素 P T 2 の側壁と位置合せされていることである。ペDESTAL 磁極端層 P T 1 b は、第 2 シールド層 S 2 に符号 78 および 79 で切欠を設けることによって形成された。ギャップ層 G は、30° および 75° のビームによってイオン・ミリングするか、その代わりに、イオン・

ビーム・ミリングの前にその幅まで化学エッチングすることができる。

【0039】図 20 および図 21 は、30° ビームと 75° ビームを同時に向けてカット動作と除去動作を行う点を除いて、図 17、図 18 および図 19 の実施例に類似した、イオン・ビーム・ミリングの実施例を示す図である。

【0040】図 22 および図 23 は、ペDESTAL 磁極端層 P T 1 b を画定するためのカットと除去の両方に単一のイオン・ビームを使用する、イオン・ビーム・ミリングの実施例を示す図である。前に説明した 2 角度ビーム手法は、単一ビームより好ましい。しかし、この単一ビームを用いて満足な結果を得ることができる。単一ビームの好ましい角度は 55° であるが、この角度は、許容可能範囲として 45° から 65° まで変更することができる。

【0041】図 24 ないし図 28 は、本発明の図 5 および図 6 の実施例の磁極端要素を構成する際の追加の詳細を示す図である。図 24 では、フォトレジスト・フレームを利用して、頂極片 P 2 とその頂磁極端要素 P T 2 をめっきしている。このめっき動作によって、フレームの外側もめっきされ、これを P 2 フィールドと称する。図 25 では、フォトレジスト・フレームが取り除かれており、両側に P 2 フィールドを有する頂磁極端要素 P T 2 が残されている。図 25 では、ギャップ層 G が P 1 / S 2 層の上に堆積され、頂磁極端要素 P T 2 がギャップ層 G の上に堆積されたことがわかる。フレームめっき処理の場合、頂磁極端要素 P T 2 は、本来備わったものとして垂直方向の第 1 側壁 88 および第 2 側壁 90 を有する状態で構成される。図 26 では、P 2 フィールドが取り除かれ、頂磁極端要素 P T 2 を露出する開口または窓 140 を有するフォトレジスト・マスクが、頂極片 P 2 の上に置かれている。このレジスト窓は、図 27 により明瞭に示されている。その後、上で述べたように、このレジスト窓を介して 1 つまたは複数のイオン・ビームを向け、図 28 に示されるように、P 1 / S 2 層に切欠を設けてペDESTAL 磁極端層 P T 1 b をもたらす。

【0042】図 29 ないし図 33 は、本発明の図 7 および図 8 の実施例の磁極端構造を作るための処理ステップを示す図である。これらのステップは、図 30 に示されるように 2 つの磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b をもたらすために頂極片 P 2 が 2 層を用いて構成される点を除いて、図 24 ないし図 28 に関して説明したステップと同一である。イオン・ビーム・ミリングの後に、図 33 に示されるように、ペDESTAL 磁極端層 P T 1 b が形成され、頂磁極端構造に、磁極端要素 P T 2 a および P T 2 b が含まれる。上で述べたように、磁極端要素 P T 2 b は、磁極端要素 P T 2 a と異なる材料とすることができる。図 34 は、イオン・ビーム・ミリングの前に第 2 シールド層 S 2 の上に磁性層が置かれる場合の追加の

実施例を示す図である。この場合、底磁極端構造に、2つのペDESTAL磁極端要素すなわち、ペDESTAL磁極端層PT1bおよびPT1cが含まれるはずである。やはり、ペDESTAL磁極端層PT1cは、ペDESTAL磁極端層PT1bと異なる材料とすることができる。磁極端要素PT2bおよびペDESTAL磁極端層PT1cは、窒化第2鉄などの高飽和モーメントの材料( $4\pi m_s$ )から構成でき、ペDESTAL磁極端層PT1bおよび磁極端要素PT2aの材料は、パーマロイなどの低飽和モーメントの材料とすることができる。高飽和材料を用いると、ギャップ層Gに最も近い磁極端を通じて大量の磁束を飽和せしめるようになる。

【0043】このMR複合ヘッドを製作する方法には、第2シールド層S2が、ABSと0スロット・レベルの間の磁極端部分と、0スロット・レベルとバック・ギャップの間のバック部分とを有するように、バック・ギャップを含めてABSからバック・ギャップまで、読取りヘッドの第2シールド層S2を堆積するステップ(図5および図6参照)と、ABSから0スロット・レベルまで第2シールド層S2の上にギャップ層Gを堆積するステップ(図5および図6参照)と、ギャップ層Gの上に頂磁極端要素PT2を有する頂極片P2を形成するために、ギャップ層Gと第2シールド層S2の上に磁性層を堆積するステップ(図24および図25参照)と、少なくとも1つのイオン・ビームを、頂磁極端要素PT2の両側で符号78および79にS2層に切欠を設けるためのマスクとして頂磁極端要素PT2を使用して、頂磁極端要素PT2の第1側壁88および第2側壁90に対してある角度でABSに実質的に平行な向きで第2シールド層S2の磁極端部分に向けるステップとが含まれて、切欠がペDESTALを有する第2シールド層S2を残し、ペDESTALがペDESTAL磁極端層PT1bであり、ペDESTAL磁極端層PT1bを除く、ABSと0スロット・レベルの間の第2シールド層S2が磁極端要素PT1aであり(図17ないし図19参照)、ペDESTAL磁極端層PT1bの第1側壁80および頂磁極端要素PT2の第1側壁88が第1垂直面100内で位置合せされ、ペDESTAL磁極端層PT1bの第2側壁82および頂磁極端要素PT2の第2側壁90が第2垂直面102内で位置合せされ、第1垂直面100と第2垂直面102がMR複合ヘッドのトラック幅wを画定するようにABSで互いに隔離される(図6参照)ことが、簡単に明らかになる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップには、第1および第2のイオン・ビームを含めることができ、第1イオン・ビームは、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ とし、第2イオン・ビームは、 $60^\circ \leq \theta \leq 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ とすることができる。ギャップ層Gを堆積するステップには、 $0.1\mu m$ から $0.7\mu m$ までの範囲の長さgを画定する厚さを有し、ABSでのペDESTAL磁極端層PT1bの長さが $0.5g$ から

3.  $0g$ までの範囲である、ギャップ層を設けるステップを含めることができる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップに、各切欠が約 $0.7\mu m$ の深さになるように符号78および79で第2シールド層S2を切り欠き、これによって、約 $0.7\mu m$ の長さを有するペDESTAL磁極端層PT1bを設けるステップを含めることができる。少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップに、頂磁極端要素PT2の層厚さを約 $2\mu m$ 減少させるステップが含まれる。

10 【0044】前述の発見を用いると、MR複合ヘッドが、併合MR読取りヘッドの第2シールド層S2に関して底磁極端要素がペDESTALである、ギャップ層に隣接する垂直に位置合せされた磁極端を有することが可能になることが簡単に明らかになる。この側壁の垂直位置合せによって、磁極端の間のサイドライティングの最小化が最適化される。

【0045】明らかに、当業者であれば、本発明の他の実施例および修正を簡単に思い浮かべるであろう。したがって、本発明は、請求の範囲によってのみ制限されるべきであり、これには、上記明細書および添付図面と共に眺めた時のそのような実施例および修正が含まれる。

【0046】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0047】(1) 底極片P1と頂極片P2とを有する書込みヘッドを含み、前記底極片P1が底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が磁極端要素PT2を有することを特徴とし、前記底極片とその磁極端要素PT1aとを含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、前記頂磁極端要素PT1bが、第2シールド層S2に関してペDESTALを形成することを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれが、第1および第2の側壁を有し、前記頂磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、共通して第1垂直面内にあり、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、共通して第2垂直面内にあることを特徴とし、前記第1および第2の垂直面が、エア・ベアリング面(ABS)において、書込みヘッド・トラック幅を表す距離wだけ互いに隔離して置かれることを特徴とする、MR複合ヘッド。

(2) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(1)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(3) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(4) 前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(5) 前記磁極端要素PT2が単一層であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(6) 前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(7) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(8) 前記第1垂直面と前記第2垂直面との間の距離が5 $\mu$ m未満であることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(9) 前記ABSでのギャップGの長さがgであり、前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(1)に記載のMR複合ヘッド。

(10) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、上記(9)に記載のMR複合ヘッド。

(11) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(10)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(12) 前記頂磁極端要素PT1bおよび前記磁極端要素PT2の間に置かれたギャップ層Gを含み、該ギャップ層Gが、第1および第2の側壁を有し、前記ギャップ層Gの第1側壁が、前記第1垂直面内に置かれ、前記ギャップ層Gの第2側壁が、前記第2垂直面内に置かれる、上記(10)に記載のMR複合ヘッド。

(13) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、上記(12)に記載のMR複合ヘッド。

(14) 前記ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから

0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあり、前記ABSでの磁極端要素の長さが、実質的に2.0gであることを特徴とする、上記(13)に記載のMR複合ヘッド。

(15) 前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、上記(14)に記載のMR複合ヘッド。

(16) 前記磁極端要素PT2が、磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(14)に記載のMR複合ヘッド。

(17) 底極片P1と頂極片P2とを有する書込みヘッドを含み、前記底極片P1が、底磁極端要素PT1aと頂磁極端要素PT1bとを有し、前記頂極片P2が、磁極端要素PT2を有し、前記底磁極端要素PT1aが、前記頂磁極端要素PT1bの幅よりも広い幅を有することを特徴とし、前記底磁極端要素PT1aを含む前記底極片を含む第2シールド層S2を有するMR読取りヘッドを含み、前記頂磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bが、頂薄膜面、第1側壁、第2側壁および前壁を有し、前壁が、エア・ベアリング面(ABS)の一部を形成し、頂薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、前記磁極端要素PT2が、頂薄膜面、底薄膜面、前壁、第1側壁および第2側壁を有し、前壁が、ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が、前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれることを特徴とし、前記頂磁極端要素PT1bの頂薄膜面と前記磁極端要素PT2の底薄膜面との間に挟まれ、頂薄膜面、底薄膜面、前壁を有し、前壁が前記ABSの一部を形成し、頂薄膜面および底薄膜面が前壁、第1側壁および第2側壁によって囲まれる、ギャップ層Gを含み、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記頂磁極端要素PT1b、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内で連続していることを特徴とし、前記第1垂直面および前記第2垂直面のそれぞれが、前記ABSに対して垂直であり、前記ABSの位置で、前記書込みヘッドのトラック幅である距離wだけ互いに離れていることを特徴とするMR複合ヘッド。

(18) 前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT1bのそれぞれが、別々の磁性層であり、前記磁極端要素PT2が、頂磁極端要素PT2aと底磁極端要素PT2bとを含み、前記頂磁極端要素PT1bおよび前記底磁極端要素PT2bの材料が、前記底磁極端要素PT1aおよび前記頂磁極端要素PT2aの材料より高いモーメントの飽和を有することを特徴とする、上記(17)に記載のMR複合ヘッド。

(19) 前記ABSでのギャップGの長さがgであり、前記ABSでの前記頂磁極端要素PT1bの長さが、実



質的に2.0gであることを特徴とする、上記(17)に記載のMR複合ヘッド。

(20) 前記ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(19)に記載のMR複合ヘッド。

(21) 前記第2シールド層S2が、前記底磁極端要素PT1aに加えて、前記頂磁極端要素PT1bを含むことを特徴とする、上記(20)に記載のMR複合ヘッド。

(22) 前記MR読取りヘッドが、前記第2シールド層S2に加えて第1シールド層S1と、該第1シールド層S1と前記第2シールド層S2との間に挟まれた第1ギャップ層G1および第2ギャップ層G2と、前記第1ギャップ層G1と前記第2ギャップ層G2との間に挟まれたMR素子とを含むことを特徴とする、上記(21)に記載のMR複合ヘッド。

(23) ハウジングと、ハウジング内に取り付けられた、磁気ディスクを回転するための手段と、磁気ディスクが回転するための手段によって回転する時に、磁気ディスクに関して変換関係にMR複合ヘッドを支持するための、スライダを含む、ハウジング内に取り付けられた支持手段とを含む、上記(22)に記載のMR複合ヘッドを含む磁気ディスク駆動装置。

(24) 前記磁極端要素PT2が磁極端要素PT2aおよびPT2bを含み、前記磁極端要素PT2aおよびPT2bのそれぞれが、別々の層であることを特徴とする、上記(22)に記載のMR複合ヘッド。

(25) 磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれが第1側壁と第2側壁とを有する、磁極端要素PT1a、PT1bおよびPT2と、前記磁極端要素PT1aを含む第2シールド層S2を含むMR読取りヘッドとを含み、前記磁極端要素PT1bが、前記第2シールド層S2に関してベDESTALであることを特徴とし、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第1側壁が、第1垂直面内に位置合せされ、前記磁極端要素PT1bおよびPT2のそれぞれの第2側壁が、第2垂直面内に位置合せされることを特徴とし、前記第1および第2の垂直面が、ABSで、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけ互いに離隔して置かれることを特徴とするMR複合ヘッド。

(26) 前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aに加えて、前記磁極端要素PT1bを含み、前記磁極端要素PT2が、単一層であることを特徴とする、上記(25)に記載のMR複合ヘッド。

(27) 前記ABSでのギャップGの長さがgであり、該ギャップGの長さgが、0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの範囲内にあり、前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(26)に記載のMR複合ヘッド。

(28) エア・ベアリング面(ABS)と0スロート・レベルとの間に延びる未画定の磁極端部分を有し、前記ABSからバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片P1と、MRヘッドの第2シールド層S2とを形成するため少なくとも1つの磁性層を堆積するステップと、前記ABSと前記0スロート・レベルとの間に延び、第1および第2の垂直側壁を有する画定された磁極端要素PT2と共に形成される頂極片P2を、前記バック・ギャップを含めて前記ABSから前記バック・ギャップまで、前記底極片P1の上に形成するためもう1つの磁性層を堆積するステップと、前記底極片P1に関してベDESTALであり、前記磁極端要素PT2の前記第1および第2の垂直側壁に対してそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を有する磁極端要素PT1bと、磁極端要素PT1aとに、底極片P1を形成するため、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記底極片P1を垂直に切り欠くため、画定された前記磁極端要素PT2をマスクとして使用して、画定された前記磁極端要素PT2の側壁に対して角度 $\theta$ で、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含む、エア・ベアリング面(ABS)によって部分的に囲まれる頂部および底部を有するMR複合ヘッドを製造する方法。

(29) 前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップの前に、前記頂極片P2の上にフォトレジスト・マスクを堆積するステップと、画定された前記磁極端要素PT2が、前記底極片P1の未画定の磁極端部分に少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップのためのマスクとして働くことができるように、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出する開口を前記フォトレジスト・マスク内に設けるステップとを含む、上記(28)に記載の方法。

(30) 前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記底極片P1の未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に、ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含むことを特徴とし、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記ギャップ層Gに磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁とそれぞれ位置合せされる第1および第2の垂直側壁を設けることを特徴とする上記(28)に記載の方法。

(31) 前記もう1つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片P1の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも1つの磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記ギャップ層Gを堆積するステップが、ABSで0.1 $\mu$ mから0.7 $\mu$ mまでの



範囲内の厚さ  $g$  を有するギャップ層をもたらしことを特徴とし、前記 ABS での前記磁極端要素 PT 1 b の長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする上記 (28) に記載の方法。

(32) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度  $\theta$  で単一のイオン・ビームを向けることからなることを特徴とする、上記 (28) に記載の方法。

(33) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、第 1 および第 2 のイオン・ビームを向けるステップを含み、第 1 イオン・ビームが、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、第 2 イオン・ビームが、 $60^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記 (28) に記載の方法。

(34) 前記第 1 イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記 (33) に記載の方法。

(35) 前記第 1 イオン・ビームが、実質的に  $30^\circ$  の角度  $\theta$  であり、前記第 2 イオン・ビームが、実質的に  $75^\circ$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記 (34) に記載の方法。

(36) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、磁極端層 PT 2 の厚さを減少させ、前記磁極端要素 PT 2 を堆積するステップが、前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素 PT 2 の厚さの減少である追加厚さを有する磁極端層 PT 2 を堆積するステップを含むことを特徴とする、上記 (28) に記載の方法。

(37) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素 PT 2 とその各側面上の区域とを露出させる窓を前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片 P 2 層の上で実質的に 0 スロット・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む、上記 (36) に記載の方法。

(38) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、単一の角度  $\theta$  で単一のイオン・ビームを向けることからなり、前記角度  $\theta$  が、 $0^\circ < \theta < 60^\circ$  の範囲内であることを特徴とする、上記 (37) に記載の方法。

(39) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、第 1 および第 2 のイオン・ビームを向けるステップを含み、第 1 イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であり、第 2 イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$  の範囲内の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記 (37) に記載の方法。

(40) 前記第 1 イオン・ビームが、実質的に  $30^\circ$  の角度  $\theta$  であり、前記第 2 イオン・ビームが、実質的に  $75^\circ$  の角度  $\theta$  であることを特徴とする、上記 (39) に記載の方法。

(41) 前記もう 1 つの磁性層を堆積するステップの前に、前記底極片 P 1 の未画定の磁極端部分をカバーするため前記少なくとも 1 つの磁性層の上にギャップ層 G を堆積するステップを含み、該ギャップ層 G を堆積するステップが、ギャップ G に前記 ABS での長さ  $g$  をもたらし層厚さをもたらしことを特徴とし、前記 ABS での磁極端要素 PT 1 b の長さが、実質的に  $2.0g$  であることを特徴とする上記 (40) に記載の方法。

(42) 前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、上記 (41) に記載の方法。

(43) 前記第 1 および第 2 のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、上記 (41) に記載の方法。

(44) 前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された前記底極片 P 1 を置くステップと、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記底極片 P 1 およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、上記 (43) に記載の方法。

(45) 前記ギャップ層 G を堆積するステップが、前記ギャップ層 G に  $0.1\mu\text{m}$  から  $0.7\mu\text{m}$  までの範囲内の長さ  $g$  をもたらしステップを含み、前記別の磁性層を堆積するステップが、約  $7\mu\text{m}$  の層厚さを有する前記磁極端要素 PT 2 を堆積するステップを含み、前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、各切欠が約  $0.7\mu\text{m}$  の深さになり、前記ベDESTAL が約  $0.7\mu\text{m}$  の高さを有するように、前記底極片 P 1 に切欠を設けるステップを含み、前記少なくとも 1 つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素 PT 2 の厚さを約  $2\mu\text{m}$  減少させることを特徴とする、上記 (44) に記載の方法。

(46) MR 読取りヘッドと書き込みヘッドとを含む MR 複合ヘッドを製造する方法において、該 MR 読取りヘッドが、第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2、該第 1 および第 2 のシールド層 S 1 および S 2 の間に挟まれた第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2、ならびに、該第 1 および第 2 のギャップ層 G 1 および G 2 の間に挟まれた MR 素子を有し、前記書き込みヘッドが、エア・ベアリング面 (ABS) からバック・ギャップまで延び、該バック・ギャップを含む底極片 P 1 と頂極片 P 2 とを含み、該底極片 P 1 が、第 2 シールド層 S 2 を構成し、前記底極片 P 1 が、前記 ABS と 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 PT 1 a および PT 1 b を有し、前記頂極片 P 2 が、前記 ABS と前記 0 スロット・レベルとの間に延びる磁極端要素 PT 2 を有し、前記磁極端要素 PT 1 b が、前記第 2 シールド層 S 2、前記底極片 P 1 および前記磁極端要素 PT 1 a に関してベ

デスタルであり、前記第2シールド層S2が、前記磁極端要素PT1aおよびPT1bを含み、ギャップ層Gが、前記磁極端要素PT1aおよびPT2の間に挟まれ、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bのそれぞれが、第1および第2の垂直側壁を有し、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bの第1垂直側壁が、第1垂直面内で連続しており、前記磁極端要素PT2、前記ギャップ層Gおよび前記磁極端要素PT1bの第2垂直側壁が、第2垂直面内で連続しており、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅を画定する距離wだけABSで互いに隔離しており、(1)前記MR読取りヘッドの前記第2シールド層S2と、(2)前記ABSと0スロート・レベルとの間の未画定の磁極端部分と、前記0スロート・レベルとバック・ギャップとの間のバック部分とを有する前記底極片P1とを形成するために、前記バック・ギャップを含み前記ABSから前記バック・ギャップまで、第1磁性層を堆積するステップと、前記ABSから前記0スロート・レベルまで、前記第1磁性層の上にギャップ層Gを堆積するステップと、前記第1および第2の垂直側壁を有する画定された前記磁極端要素PT2を有する前記頂極片P2を形成するため、前記第1磁性層の上で前記ギャップ層Gの上に第2磁性層を堆積するステップと、前記磁極端要素PT2の各側面上で前記第1磁性層に切欠を設けるためのマスクとして前記磁極端要素PT2を使用して、前記底極片P1の未画定の磁極端部分のある区域内の前記第1磁性層で、前記ABSに実質的に平行で前記磁極端要素PT2の第1および第2の側壁に対して角度 $\theta$ の方向に、少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップとを含み、前記切欠によって、垂直のベDESTALを有する前記第1磁性層が残され、前記垂直ベDESTALが、前記磁極端要素PT1bであり、前記磁極端要素PT1bに第1および第2の垂直側壁をもたらし、前記ABSと前記0スロート・レベルとの間の、前記ベDESTALを除く磁性層が、前記磁極端要素PT1aを含み、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1垂直側壁が、第1垂直面内で位置合せされ、前記磁極端PT1bおよびPT2の第2側壁が、第2垂直面内で位置合せされ、前記第1および第2の垂直面が、前記ABSに対して垂直であり、MR複合ヘッドのトラック幅wを画定するため前記ABSで互いに隔離されることを特徴とする前記方法。

(47)前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、未画定の磁極端部分にイオン・ビームを向ける前に前記ギャップ層Gにイオン・ビームを向けるステップを含み、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT1bおよびPT2の第1および第2の垂直側壁にそれぞれ位置合せされる第1および第2の側壁を前記ギャップ層Gにもたらず

ことを特徴とする、上記(46)に記載の方法。

(48)前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップが、第1および第2のイオン・ビームを向けるステップを含み、前記第1イオン・ビームが、 $20^\circ < \theta < 40^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であり、前記第2イオン・ビームが、 $65^\circ < \theta < 85^\circ$ の範囲内の角度 $\theta$ であることを特徴とする、上記(46)に記載の方法。

(49)前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の厚さを減少させ、前記磁極端要素PT2を形成するために磁性層を堆積するステップが、前記少なくとも1つのイオン・ビームを向けるステップによって引き起こされる前記磁極端要素PT2の厚さの減少である追加厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含むことを特徴とし、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップの前に、画定された前記磁極端要素PT2とその各側面上の区域を露出させる窓を前記ABSと前記0スロート・レベルとの間のマスク内に残して、前記頂極片P2の上で実質的に前記0スロート・レベルとバック・ギャップとの間にマスクを堆積するステップを含む上記(48)に記載の方法。

(50)前記ギャップ層Gを堆積するステップが、前記ギャップGに前記ABSでの長さgをもたらず層厚さをもたらずことを特徴とし、前記ABSでの前記磁極端要素PT1bの長さが、0.5gから3.0gまでの範囲内にあることを特徴とする、上記(49)に記載の方法。

(51)前記第1イオン・ビームが、約 $30^\circ$ の角度 $\theta$ であり、前記第2イオン・ビームが、約 $75^\circ$ の角度 $\theta$ であることを特徴とする、上記(50)に記載の方法。

(52)前記ギャップ層Gを堆積するステップが、0.1 $\mu\text{m}$ から0.7 $\mu\text{m}$ までの範囲内の厚さgを有するギャップ層Gを堆積するステップを含み、前記磁極端要素PT2を堆積するステップが、約7 $\mu\text{m}$ の層厚さを有する前記磁極端要素PT2を堆積するステップを含み、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、約0.7 $\mu\text{m}$ の深さである深さを有する切欠を前記第1磁性層に設け、これによって、約0.7 $\mu\text{m}$ の高さを有するベDESTALを設けるステップを含み、前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、前記磁極端要素PT2の層厚さを約2 $\mu\text{m}$ 減少させることを特徴とする、上記(51)に記載の方法。

(53)前記第1および第2のイオン・ビームを向けるステップが、イオン・ビーム・ミリング・チャンバ内に、その上に諸層を堆積された第1磁性層を置くステップと、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層にイオン・ビームを向けている間に、前記第1磁性層およびその上に堆積された諸層を一定回転数で回転するステップとを含むことを特徴とする、上記(52)に記載の方法。

(54) 前記第1および第2のイオン・ビームが、同時に向けられることを特徴とする、上記(53)に記載の方法。

(55) 前記第1および第2のイオン・ビームが、順次向けられることを特徴とする、上記(53)に記載の方法。

【0048】

【発明の効果】本発明の実施により、(1) サイドライティングを最小化するために垂直に位置合せされた磁極端を有する薄膜磁気ヘッドを提供し、(2) オフトラック性能を改良された薄膜MR複合ヘッドを提供し、

(3) その中の磁気抵抗要素のシールドとして働き、良好なオフトラック性能を有する書込みヘッドの磁極端としても働く第2シールド層S2を有するMR複合ヘッドを提供し、(4) 第2シールド層S2が小さな高さのベDESTALを有し、このベDESTALが磁極端層PT1bとして働き、その下のS2層が書込みヘッドの底極片P1の磁極端要素PT1aとして働くことを特徴とし、磁極端層PT1bの側壁が頂磁極端要素PT2の側壁と垂直に位置合せされることを特徴とする、MR複合ヘッドを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の薄膜MR複合ヘッドを使用するディスク駆動装置の、原寸大ではない概略図である。

【図2】磁気ディスク上のトラックの上に位置決めされた薄膜書込みヘッドの磁極端のクリティカル部分の概略図である。

【図3】MR読取りヘッドの諸層の上に取り付けられた書込みヘッドの層を有する薄膜MRヘッドの等角図である。

【図4】図3の書込みヘッドの上面概略図である。

【図5】本発明の薄膜MR複合ヘッドの1実施例の側面図である。

【図6】図5の平面V I - V I に沿ったABSの図である。

【図7】本発明の薄膜MR複合ヘッドのもう1つの実施例の側面図である。

【図8】平面V I I I - V I I I に沿った、図7に示されたヘッドのABSの図である。

【図9】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図10】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図11】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図12】本発明に従って作られたMR複合ヘッドのサイドライティングを示すグラフである。

【図13】従来技術の誘導ヘッドのABSを示す図である。

【図14】従来技術の薄膜MR複合ヘッドのABSを示

す図である。

【図15】図14に示された従来技術の薄膜MR複合ヘッドの側面図である。

【図16】例のイオン・ビーム・チャンバの概略図である。

【図17】頂磁極端要素PT2の側壁に対してある角度で開始されるイオン・ミリングをABS側から見た図である。

【図18】ベDESTAL磁極端層PT1bを形成するためにP1/S2層が切り欠かれた、イオン・ミリング・ステップの終りであることを除いて、図17と同一の図である。

【図19】図17および図18のカット動作中の屑の再堆積を除去するために、イオン・ミリングが頂磁極端要素PT2の側壁に対してより深い角度になっている点を除いて、図18と同一の図である。

【図20】図17ないし図19の処理に示されるように、カット用のイオン・ビームと除去用のイオン・ビームが順次向けられるのではなく、同時に向けられる点を除いて、図17と同様の図である。

【図21】ベDESTAL磁極端層PT1bを形成するための切欠が完了している点を除いて、図20と同一の図である。

【図22】カットと除去の両方のためにより深い角度の単一のイオン・ビームが用いられている点を除いて、図17と同様の図である。

【図23】ベDESTAL磁極端層PT1bを形成するためのカットおよび除去動作が完了している点を除いて、図22と同様の図である。

【図24】垂直の側壁を有する頂磁極端要素PT2を形成するためのステップの上面概略図である。

【図25】フォトリソ・フレームが取り除かれた状態の図24の構造をABS側から見た図である。

【図26】頂磁極端要素PT2を露出されたままにしてマスクされた頂極片P2の上面図である。

【図27】1つまたは複数のイオン・ビームをある角度でそこに向けられるようにするための、頂磁極端要素PT2の上のレジスト窓または開口を示す、図26に示された構造をABS側から見た図である。

【図28】頂磁極端要素PT2の側壁に対してある角度でイオン・ビーム・ミリングを行い、したがって、ベDESTAL磁極端層PT1bを形成した後の、結果の磁極端構造を示す図である。

【図29】図24と同様の図である。

【図30】図25と同様の図である。

【図31】図26と同様の図である。

【図32】図27と同様の図である。

【図33】図28と同様の図である。

【図34】ギャップ層Gからさらに離れた磁極端の残りとは異なる材料を得るために追加のベDESTAL磁極端層P

37

T 1 c および磁極端要素 P T 2 b が堆積されている点を除いて、図 3 3 に類似の図である。

【符号の説明】

G ギャップ層

MR 磁気抵抗要素

P 1 底極片

P 2 頂極片

P T 1 底磁極端要素

P T 1 a 底磁極端要素

P T 1 b ペDESTAL磁極端層（頂磁極端要素）

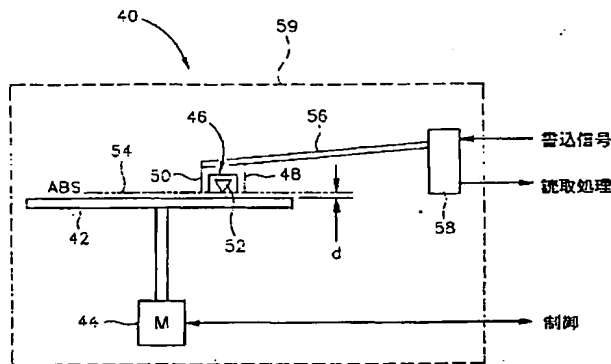
P T 1 c ペDESTAL磁極端層

P T 2 磁極端要素

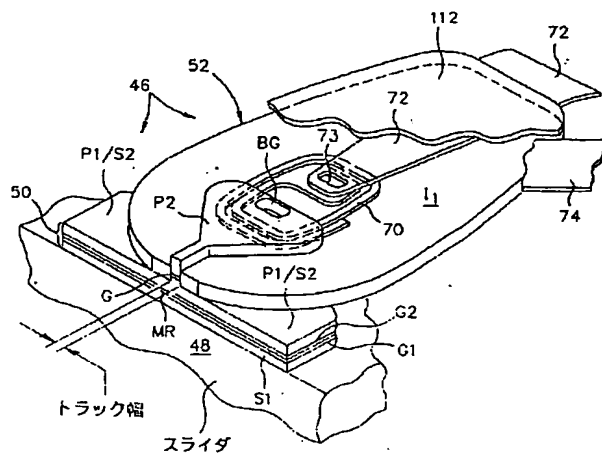
P T 2 a 磁極端要素

P T 2 b 磁極端要素

【図 1】



【図 3】



38

S 1 第 1 シールド層

S 2 第 2 シールド層

4 0 磁気ディスク駆動装置

4 2 磁気ディスク

4 4 モーター

4 6 薄膜MR複合ヘッド (MR複合ヘッド)

4 8 スライダ

5 0 MR読取りヘッド

5 2 書き込みヘッド

10 5 4 エア・ベアリング面 (ABS)

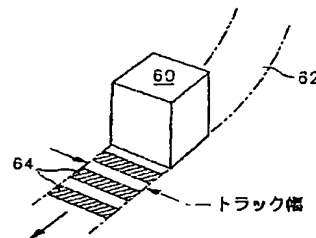
5 6 ヘッド・サスペンション・アセンブリ

5 8 駆動装置電子回路

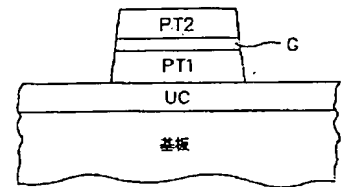
5 9 駆動装置ハウジング

6 0 書き込みヘッドの磁極端要素

【図 2】

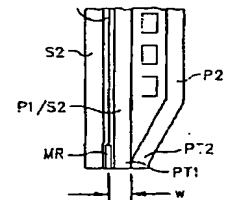


【図 1 3】

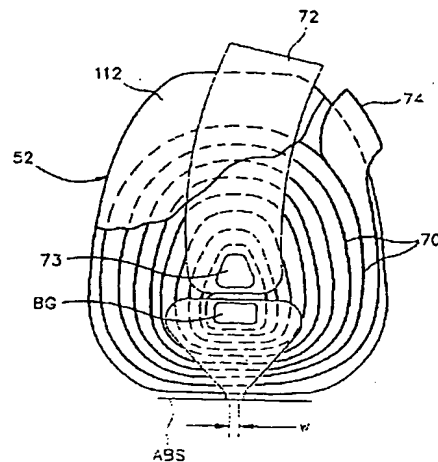


【図 1 5】

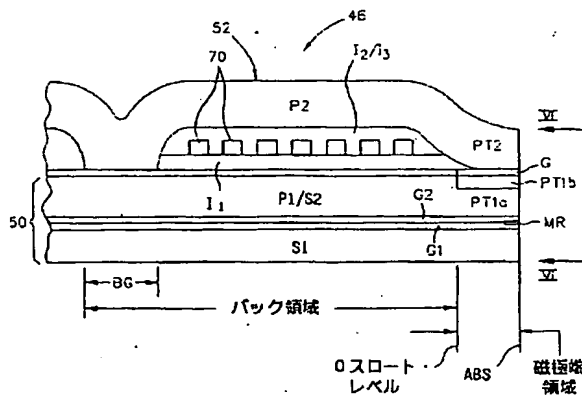
G 1 および G 2



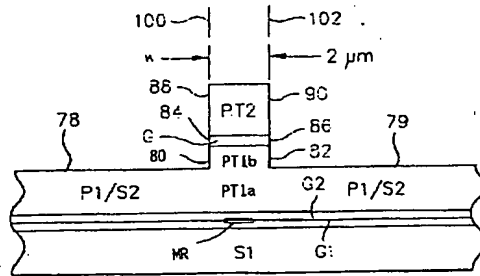
【図 4】



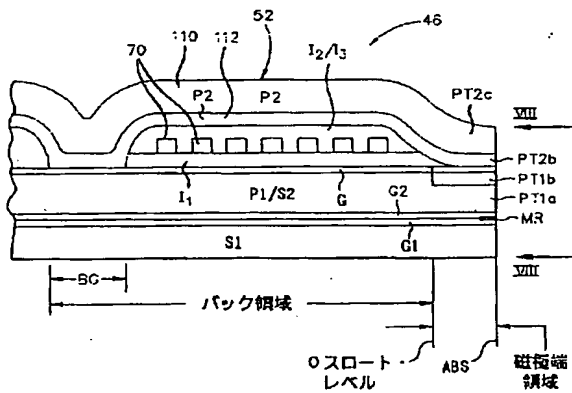
【図5】



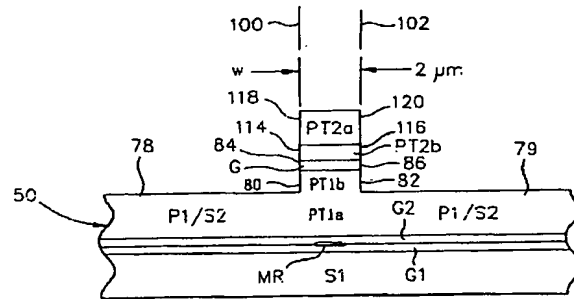
【図6】



【図7】

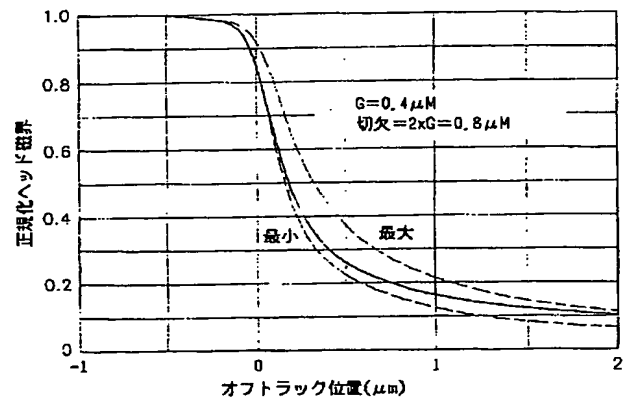
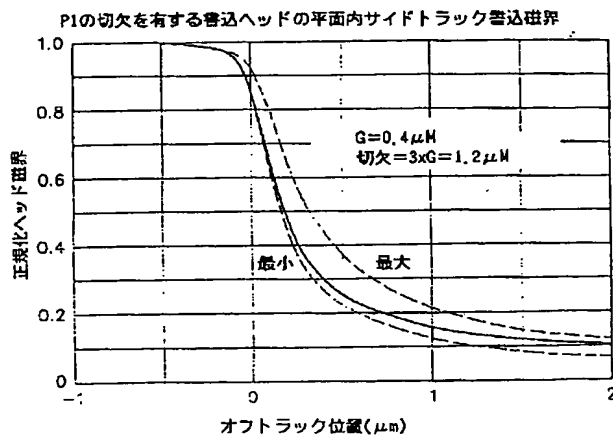


【図8】

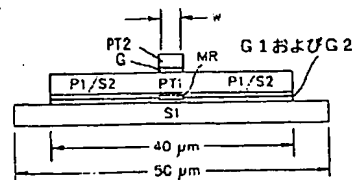


【図10】

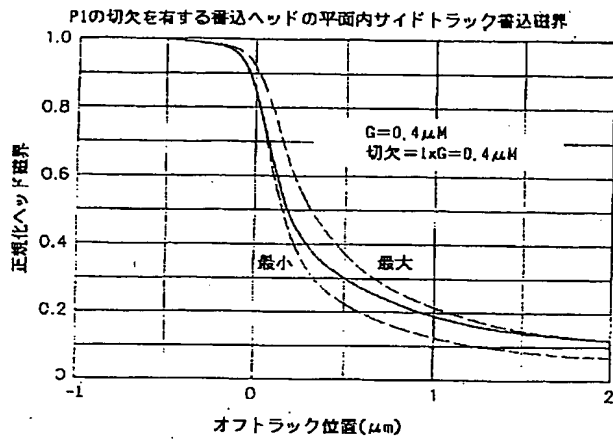
P1の切欠を有する書きヘッドの平面内サイドトラック書き磁界



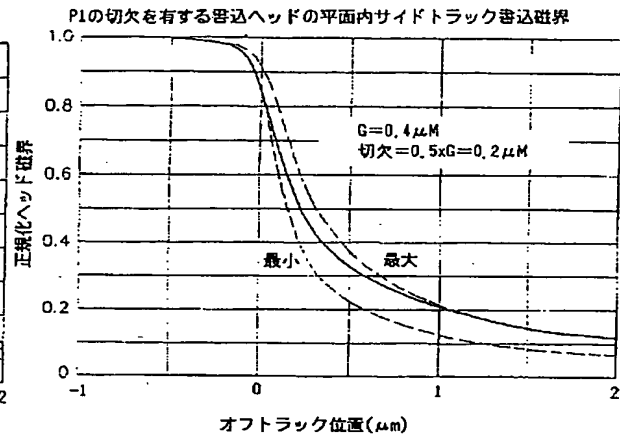
【図14】



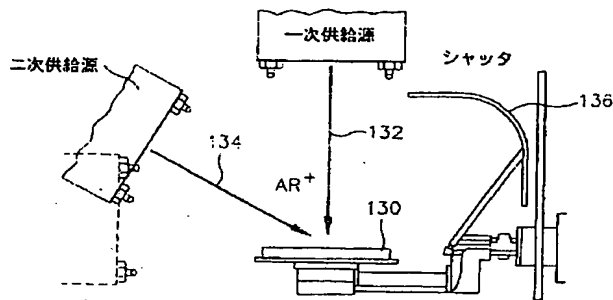
【図 1 1】



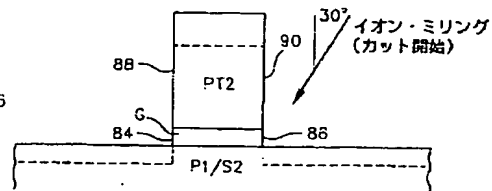
【図 1 2】



【図 1 6】

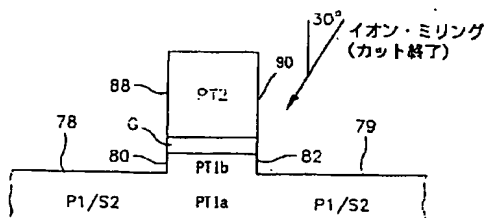


【図 1 7】

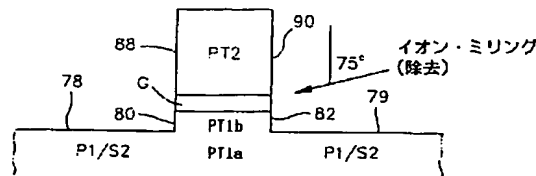


【図 2 4】

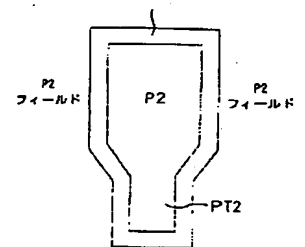
【図 1 8】



【図 1 9】

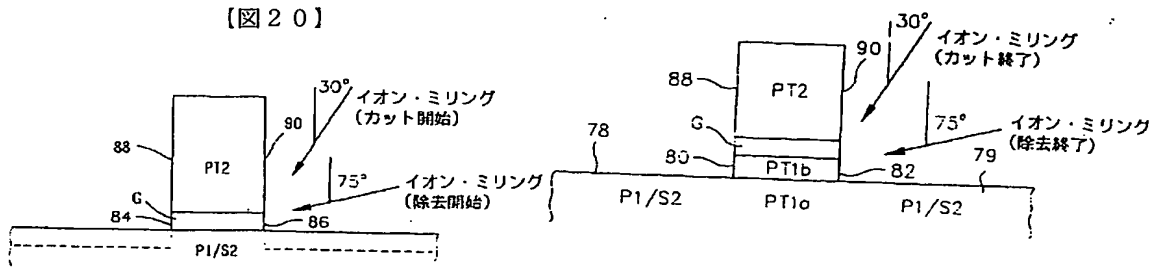


フォトレジスト・フレーム

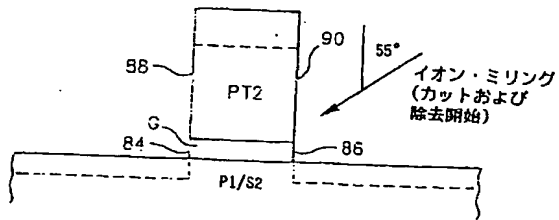


【図 2 1】

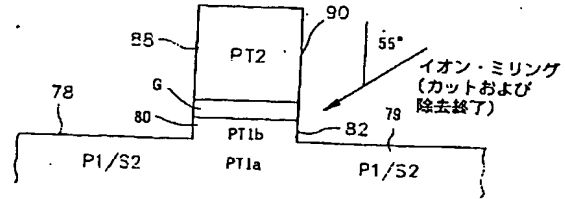
【図 2 0】



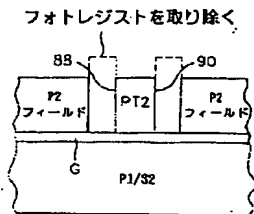
【図 22】



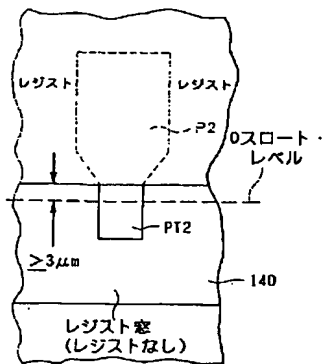
【図 23】



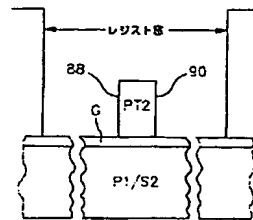
【図 25】



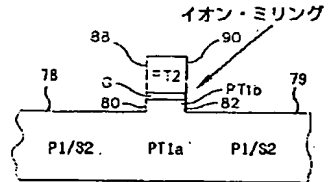
【図 26】



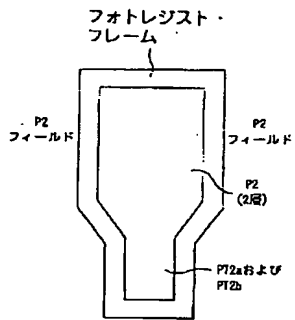
【図 27】



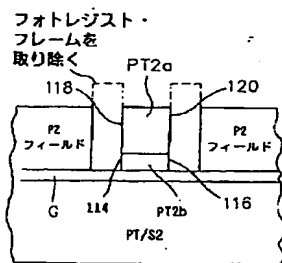
【図 28】



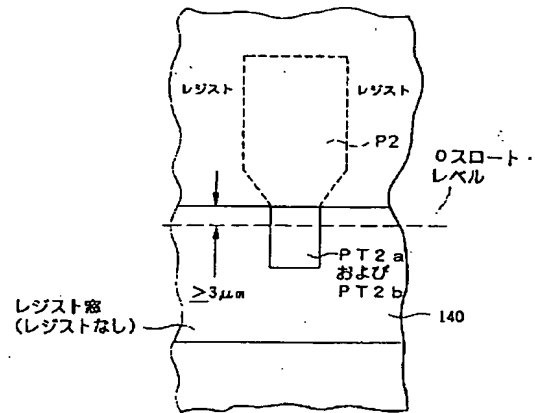
【図 29】



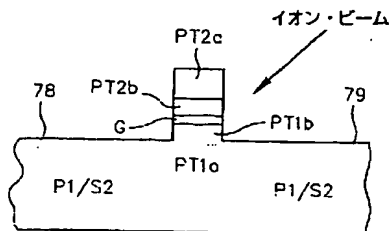
【図 30】



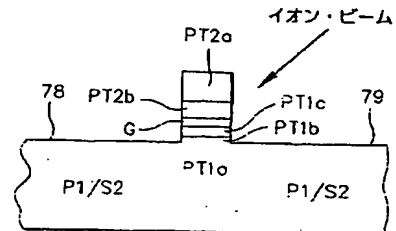
【図 31】



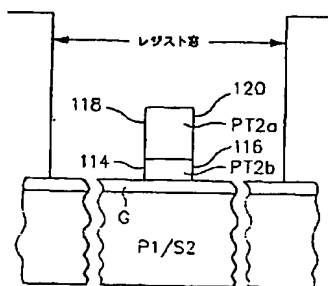
【図 33】



【図 34】



【図 32】



## フロントページの続き

(72)発明者 ジー＝シュエイ・ジェリー・ロー  
アメリカ合衆国95120 カリフォルニア州  
サンノゼ ヌーンウッド・コート 7018

(72)発明者 チン・ホワ・ツァン  
アメリカ合衆国94087 カリフォルニア州  
サニーベール ヘレナ・ドライブ 882

(72)発明者 ロバート・エム・ヴァレッタ  
アメリカ合衆国95621 カリフォルニア州  
シトラス・ハイツ ランチョ・ミラージュ  
ユ・コート 7017